



# Voyage Report

## TECTA

Tectonic Event of the Cenozoic  
in the Tasman Area

**3 September – 9 October  
2015**

**R/V L'Atalante**

Rapport SGNC2016(01)

Volume 2 - Appendix





Preferred citation:

Collot, J., Sutherland, R., Roest, W.R., Patriat, M., Etienne, S., Juan, C., Marcaillou, B., Schnurle, P., Barker, D., Stratford, W., Williams, S., Wolf, S., Bordenave, A., Roussel, C., 2016, TECTA voyage report, RV L'Atalante, Volume 2 – Appendix, Rapport SGNC-2016(01), 187 pp, <http://dx.doi.org/10.17600/15001300>





1	APPENDIX 1 – Overview of Acquisition Operations .....	1
1.1	Seismic acquisition .....	1
1.1.1	Seismic operations .....	1
1.1.2	Seismic source configurations.....	2
1.1.3	Modelled seismic source signatures .....	6
1.1.3.1	2690 cu (nominal source).....	6
1.1.3.2	2610 cu .....	7
1.1.3.3	2570 cu .....	7
1.1.3.4	2550 cu .....	8
1.1.3.5	2540 cu .....	8
1.1.3.6	2535 cu .....	9
1.1.3.7	2490 cu .....	9
1.1.3.8	2475 cu .....	10
1.1.3.9	2470 cu .....	10
1.1.3.10	2430 cu .....	11
1.1.3.11	2350 cu .....	11
1.1.3.12	2310 cu .....	12
1.1.3.13	2300 cu (A) .....	12
1.1.3.14	2300 cu (B).....	13
1.1.3.15	2300 cu (C).....	13
1.1.3.16	2290 cu .....	14
1.1.3.17	2235 cu .....	14
1.1.3.18	2170 cu (A) .....	15
1.1.3.19	2170 cu (B).....	15
1.1.3.20	2090 cu .....	16
1.1.3.21	1790 cu .....	16
1.2	Sub-bottom profiler.....	18
1.3	XBT Sippican velocity probes.....	20
2	APPENDIX 2 – List of Crew, Scientific and Technical Staff .....	21
3	APPENDIX 3 – Scientific Equipment and Processing .....	23
3.1	R/V L'Atalante.....	23
3.1.1	General information.....	23
	General layout of the R/V L'Atalante .....	26
3.1.2	Additional Information.....	28
3.2	EM122 Multi-beam Echo sounder, L'Atalante .....	30
3.2.1	General Architecture .....	30
3.2.2	Main technical specifications .....	32
3.2.3	Operating Principles .....	33
3.2.3.1	Emission.....	33
3.2.3.2	Reception.....	34
3.2.4	Bathymetry.....	34
3.2.5	Backscatter imaging .....	35
3.3	Multi-channel Seismics.....	36
3.3.1	Introduction.....	36
3.3.1.1	General description .....	36
3.3.1.2	Technical Specifications .....	37

3.3.1.3	General Architecture .....	37
3.3.1.4	Implementation on board R/V L'Atalante .....	38
3.3.2	The seismic source system .....	38
3.3.2.1	Compressors .....	38
3.3.2.2	Sources .....	39
3.3.2.3	Shot control .....	41
3.3.3	Seismic streamer .....	42
3.3.3.1	Composition of the streamer .....	42
3.3.3.2	Tail buoy .....	45
3.3.3.3	Depth control of streamer .....	45
3.3.4	Acquisition and Data Management.....	46
3.3.4.1	Seismic data.....	47
3.3.4.2	Positioning of the streamer.....	48
3.3.4.3	Magnetometer Data.....	48
3.3.5	Data Processing .....	49
3.3.5.1	Solid-QC pre-processing .....	49
3.3.5.2	Geocluster processing routines.....	56
3.3.5.3	Time Migration .....	84
3.3.6	Data format and trace headers .....	85
3.3.6.1	SEGD field tapes .....	85
3.3.6.2	Shot gather SEG Y output from Solid-QC .....	87
3.3.6.3	Stacked SEG Y output from Geocluster .....	87
3.3.6.4	Migrated SEG Y output from SU and Claritas.....	88
3.3.6.5	Final migrated post-processed SEG Y out from Python Obspy.....	88
3.3.7	Documentation.....	89
3.4	Sub-bottom Profiler - CHIRP .....	90
3.4.1	Introduction.....	90
3.4.2	Data Quality.....	90
3.4.3	Folders and data structure related to CHIRP data .....	92
3.5	Magnetometer .....	93
3.5.1	SeaSPY Magnetometer.....	93
3.5.2	Processing.....	94
3.5.2.1	Correction of navigation offset .....	94
3.5.2.2	Merging data with navigation .....	95
3.5.2.3	Data Correction .....	96
3.5.2.4	Exporting data to ascii .....	96
3.5.2.5	Profile Selection .....	96
3.6	Environmental Data.....	97
4	APPENDIX 4 – Seismic Data Images.....	99
4.1	Seismic profiles.....	99
4.2	Sub-bottom profiles .....	105
5	APPENDIX 5 – Authorizations for Marine Scientific Research .....	111
5.1	Authorizations .....	111
5.2	New Caledonia .....	112
5.3	Australia.....	115
5.3.1	Approval for Marine Scientific Research, 6 September to 6 October 2015 .....	115
5.3.2	Extension of approval for Marine Scientific Research, 7 - 8 October 2015 .....	122

5.3.3	Decision on referral of Seismic and Geophysical Survey of the Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area (TECTA) .....	123
5.4	New Zealand.....	128
6	APPENDIX 6 – Mitigation procedures .....	130
6.1	Australian protocole.....	130
6.2	Ifremer protocol .....	138
7	APPENDIX 7 – Newsletters of the TECTA Voyage .....	162

## List of Figures

Figure 1 – Example of technical failure of air guns : broken piston heads .....	2
Figure 2 - Research Vessel L'Atalante of Ifremer .....	24
Figure 3 - Research Vessel L'Atalante of Ifremer .....	24
Figure 4 - Data acquisition laboratory on board of the R/V L'Atalante .....	25
Figure 5 - Layout of Deck E (Scientific and Acquisition Laboratories) and Deck F (Bridge) .....	26
Figure 6 - Layout of Decks A, B, C and D .....	27
Figure 7 - General overview of the EM122 multi-beam echo sounder system .....	30
Figure 8 - Top: Antenna configuration of the EM 122. Bottom: Photo of the gondola mounted on the hull of the Atalante (EM122 Tx).....	31
Figure 9 - L'Atalante's echo sounder room, which hosts the electronics of the EM122 system .....	32
Figure 10 - Principle of crossing beams.....	33
Figure 11 - Emission areas: compensation for pitch and yaw .....	33
Figure 12 – The principle of dual swath operation using two different emissions.....	34
Figure 13 - General architecture of the Multi Channel Seismic System of Ifremer .....	37
Figure 14 - Hamworthy 660 (660 m <sup>3</sup> / h) and Hamworthy 300 (300 m <sup>3</sup> / h).....	39
Figure 15 – TECTA nominal source, 2690 cu air gun array.....	40
Figure 16 – 2D view of seismic source .....	40
Figure 17 - GI Air gun.....	41
Figure 18 - shooting control rack ACTRIS .....	41
Figure 19 - Air gun monitoring system display.....	42
Figure 20 – Right: The Sercel Streamer of the R/V L'Atalante, is stored on two reels, each of which is inside a container. Left: . Deployment of the streamer.....	42
Figure 21 - Streamer towed behind the R/V L'Atalante. Also visible, attached to the main electric cable of the streamer, is the auxiliary cable used for the Passive Acoustic Monitoring System (PAM), employed for the detection of marine mammals.....	43
Figure 22 - Streamer configuration .....	44
Figure 23 - Tail buoy towed at the end of the streamer .....	45
Figure 24 - Birds (retriever / passive).....	46
Figure 25 - Control screen allowing to inspect and control the depth of the ION Birds .....	46
Figure 26 - Display of the Seal 428 data acquisition control software .....	47
Figure 27 – Visualization of the navigation of the vessel and the streamer, using the Genavir Ecos System .....	48
Figure 28 - The main input window for survey design information in QC-Solid. Streamer geometry is entered in the top left panel. The bottom left panel shows the distance along the streamer of the birds. The top right panel shows the x and y offsets from the centre of the array to each of the gun arrays, starboard and port sides. The boat GPS and navigation system offset, and the first and last trace offsets are shown in the bottom two right panels respectively. ....	49
Figure 29 - Panel shows the navigation extraction step where the ship positioning information is read from the SEG-D data. The right panel displays the information for the first and last shot point that has been extracted from the file listed in the left panel. ..	49

Figure 30 - Calculating the source receiver positions for creating survey geometry. Position files for shot navigation (posXXX.asc) and survey files for receiver positioning are used to calculate source and receiver geometry for the seismic survey (see section 2.1.3)...	50
Figure 31 - Assessing the variation in GPS positioning from the ship board navigation. The navigation has been extracted from the SEG-D data files. The fluctuations in metres (y-axis, top plot) show the residual position offsets after the expected ship track has been subtracted. The bottom plot shows data without ship track removed (seal no = shot point no.) .....	50
Figure 32 - Writing SEG-Y shot gather files with geometry in the headers. At this step the position file containing shot, receiver and CDP, numbers and bin positions is written. The input files are the profile SEG-D data and the position geometry file posXXX.asc which was generated by combining survey and observer geometry information using QC-solid (see section 2.1.2).....	51
Figure 33 - A visual display of individual airgun delays allowing identification of the overall source delay, and also any individual gun mistiming, for a given shot (synchronized). X-axis is in ms, y-axis is relative amplitude.....	51
Figure 34 - Example amplitude spectra for shots 2375-4000. The x-axis is frequency in Hz, the y-axis is energy in decibels (see section 1.2.8).....	52
Figure 35 - CDP binning and stacking. The panel on the left shows the SEG-Y shot gather file (profilXXX.seg) that is read for CDP bin information for CDP sorting and stacking. A band-pass filter is applied at this stage. The panels on the left show CDP bin fold (top figure, number of traces in each CDP), and the geometry of the calculated CDP positions (bottom right plot). The black line shows the width of the CDP bins in the cross-line direction (512 m to the left and right of the red line). .....	52
Figure 36 - The plot shows a stacked and migrated section of seismic line (migXXX_v1500_g0.seg) displayed so the seafloor (yellow line) can be digitized from the data to produce a seafloor horizon file (fond_migXXX.asc). The seafloor horizon may be used in later muting processes. ....	53
Figure 37 - Noise analysis. a.) Analysis of raw noise for each trace, with results displayed in terms of trace position (a grid of shot vs. receiver) and TWT for each shot. These are useful in identifying noisy receivers or shots, swell noise, etc. Consistently noisy traces (e.g., faulty receiver or bird-related noise on adjacent receivers) can be easily identified for removal in the processing sequence. b.) Seafloor reflector picked for determining noise. c.) average amplitude plotted for each shot. d.) average amplitude per group, the dips in the display are bird locations. e.) % of traces recorded with a given noise amplitude. ....	54
Figure 38 - Signal/Noise ratio. a.) Signal/noise ratio is analyzed for each trace, with results displayed in terms of trace position (a grid of shot vs. receiver) and TWT for each shot. These are useful in identifying noisy receivers or shots, swell noise, etc. Consistently noisy traces (e.g., faulty receiver or bird-related noise on adjacent receivers) can be easily identified for removal in the processing sequence. b.) Average trace amplitude plotted against shot point. c.) Loss of energy due to spherical divergence estimated for each CMP. d.) Average amplitude per trace. Note the step decrease in amplitude along the streamer at the bird locations. e.) % of traces recording a certain amplitude. Raw on the left and scaled on the right? .....	55
Figure 39 – Screen shot of noise analysis windows from QC SUBOP .....	92

## List of Tables

Table 1 – Details of seismic operations.....	2
Table 2 – Air gun failures and evolution of source configuration and volume throughout the voyage .....	6
Table 3 – List of echo-sounder profiles, presenting the principle characteristics of each profile and some of the quality control parameters.....	19
Table 4 – Location of Sippican velocity probes .....	20
Table 5 - Crew on the R/V L’Atalante during the TECTA voyage.....	21
Table 6 - Scientific and Technical Staff on board R/V L’Atalante during the TECTA Voyage ...	22
Table 7 - GENAVIR sedentary Staff on board R/V L’Atalante during the TECTA Voyage .....	22
Table 8 - General information related to the Research Vessel L’Atalante of Ifremer .....	23
Table 9 - Main technical specifications of the EM-122 multi-beam echo sounder system on the L’Atalante .....	32
Table 10 - Main technical specifications of the multi-channel seismic reflection system on the L’Atalante .....	37
Table 11 - Characteristics of the compressors used for the multi-channel seismic system of Ifremer.....	39
Table 12 - Data volume estimates for seismic reflection and refraction acquisition .....	47
Table 13 - SEG-D - General header block#1 .....	86
Table 14 - SEG-D - General header block#2 .....	86
Table 15 - SEG-D - General header block#3 .....	86
Table 16 – Shot gather SEG-Y out from Solid-QC - Trace header information .....	87
Table 17 – Stacked SEG-Y output from Geocluster - Trace header information .....	88
Table 18 – Migrated SEG-Y output from SU and Claritas - Trace header information .....	88
Table 19 – Final post-processed SEG-Y output from Python Obspy - Trace header information .....	89
Table 20 – List of marine mammal observations and related mitigation actions .....	97

# 1 APPENDIX 1 – Overview of Acquisition Operations

## 1.1 Seismic acquisition

### 1.1.1 Seismic operations

Seismic acquisition was regularly interrupted by failure or maintenance of equipment, transits and weather stand-by. Shutdowns were the result of marine mammal sightings by MMOs or detection by Passive Acoustic Monitoring (PAM) (see Section on mitigation procedures). The following table summarizes the different operation phases.

Seismic acquisitions and downtimes		Date UTC	duration acquisition (hours)	duration shutdowns (hours)	duration maintenance (hours)	duration Transits (hours)	duration Weather standby (hours)
Start profile TEC001		03/09/2015 08:20					
End profile TEC001		04/09/2015 00:59	33:24:15				
Start profile TEC002		04/09/2015 00:59					
Shutdown	PAM	04/09/2015 17:44		2:57:40			
Start profile TEC002A		04/09/2015 20:42	17:15:33				
Shutdown	PAM	05/09/2015 13:58		3:36:45			
Start profile TEC002B		05/09/2015 17:34	3:42:31				
Compressor failure pre watch + ramp up	Canons	05/09/2015 21:17			1:43:25		
Shutdown	MMO	05/09/2015 23:00		1:31:30			
Start TEC002C		06/09/2015 00:32	8:21:48				
Shutdown	PAM	06/09/2015 08:54		2:36:18			
Start profile TEC003		06/09/2015 11:30					
End profile TEC003		07/09/2015 08:53	21:23:12				
Maintenance	Canons	07/09/2015 08:53			20:51:32		
Start profile TEC004		08/09/2015 05:45					
Start profile tec005		08/09/2015 14:35	33:03:58				
Start profile TEC006		08/09/2015 20:23					
Shutdown	PAM	09/09/2015 14:49		9:01:46			
Start profile TEC008		09/09/2015 23:50	10:01:14				
Shutdown	PAM	10/09/2015 09:52		10:10:20			
Shutdown	PAM	10/09/2015 13:01					
Start profile TEC008A		10/09/2015 20:02	23:17:33				
Start profile TEC009		11/09/2015 11:13					
Shutdown	MMO	11/09/2015 19:19		2:49:49			
Start profile TEC009A		11/09/2015 22:09	0:27:16				
Shutdown	MMO	11/09/2015 22:36		5:05:10			
Maintenance (during shutdown)	Canons				5:05:10		
Start de profile TEC0010		12/09/2015 08:47	0:52:41				
Shutdown (low power then shutdown)	PAM	12/09/2015 09:40		8:28:29			
Start profile TEC010A		12/09/2015 18:08	1:52:50				
Low Power	MMO	12/09/2015 20:01		1:34:13			
Resumption profile TEC010A		12/09/2015 21:35					
End profile TEC010A		13/09/2015 06:47	64:00:28				
End profile TEC011		15/09/2015 13:36					
Maintenance	Canons	15/09/2015 13:36			12:42:00		
Repatriation of injured crew member		16/09/2015 02:18			42:36:00		
Start profile TEC014		17/09/2015 20:54	13:30:00				
Shutdown	PAM	18/09/2015 10:24		6:37:00			
Start profile TEC014A		18/09/2015 17:01	51:29:00				
End profile TEC014A		20/09/2015 20:30					
Maintenance	Canons	20/09/2015 20:30			11:40:00		
Start profile TEC014B		21/09/2015 08:10					
End profile TEC014B		22/09/2015 08:25					
profile TEC015		22/09/2015 08:25					
profile TEC016		22/09/2015 14:49	38:11:00				
profile TEC017		22/09/2015 21:00					
End profile TEC017		22/09/2015 22:21					
Maintenance	Flûte	22/09/2015 22:21			13:49:00		
Start profile TEC018		23/09/2015 12:10					
End profile TEC018		23/09/2015 20:27	9:07:00				
Start profile TEC019		23/09/2015 20:27					
End profile TEC019		23/09/2015 21:17					
Weather stand-by		23/09/2015 21:17					32:03:00
Start profile TEC020		25/09/2015 05:20					
End profile TEC020		27/09/2015 09:21	52:01:00				
Maintenance	Canons	27/09/2015 09:21			12:01:00		





Date UTC	Time UTC	Observation	Duration	Volume (cu)	Airgun number									Airgun line	Profile SMT
					Active			Spear			Out of order				
					8	7	6	5	4	3	2	1	9		
03/09/2015 08:20:00 START PROFILE TEC001															
			1:30:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC001
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
03/09/2015	09:50:00	Canon 520 cu babord HS. Remplacé par 520 cu tribord.	15:09:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
04/09/2015 00:59:00 END PROFILE TEC001															
04/09/2015 00:59:00 START PROFILE TEC002															
			38:30:02	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC002
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
06/09/2015	01:18:02	tir 136 canon 8 tribord HS remplacé par le 7 babord 520 cu remplacé par 380cu	3:32:45	2550	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
06/09/2015	07:26:47	arrêt canon 9 pour réparation	4:03:13	2475	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
06/09/2015 11:30:00 END PROFILE TEC002															
06/09/2015 11:30:00 START PROFILE TEC003															
			7:00:00	2475	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC003
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
06/09/2015	18:30:00	remplacement 5 tribord par 6 babord	14:23:00	2550	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
07/09/2015 08:53:00 END PROFILE TEC003															
DEBUT MAINTENANCE															
07/09/2015	08:53:00	Maintenance 2 lignes de canons	19:07:34	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	Maintenance
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
08/09/2015	04:00:34	canon 8 babord 520 cu HS remplacé par canon 8 tribord 520	0:29:26	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
08/09/2015	04:30:00	5 tribord HS remplacé par 6 tribord pendant Ramp up	1:15:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
FIN MAINTENANCE															
08/09/2015 05:45:00 START PROFILE TEC004															
			8:50:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC004
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
08/09/2015 14:35:00 END PROFILE TEC004															
08/09/2015 14:35:00 START PROFILE TEC005															
			4:34:16	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC005
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
08/09/2015	19:09:16	Fuite sur Canon 7 Tb Remplace par canon 6 Bd	1:14:44	2610	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
08/09/2015 20:24:00 END PROFILE TEC005															
08/09/2015 20:24:00 START PROFILE TEC006															
			5:04:51	2610	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC006
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
09/09/2015	01:28:51	perte du canon 6 babord 300 cu HS non remplacé	13:20:09	2310	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
09/09/2015 14:49:00 END PROFILE TEC006															
DEBUT MAINTENANCE															
09/09/2015	15:10:00	remontée ligne tribord pour réparation 5 et 7	3:29:00		520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	Maintenance
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
09/09/2015	18:39:00	remise à l'eau ligne tribord	5:11:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
FIN MAINTENANCE															
09/09/2015 23:50:00 START PROFILE TEC008															
			10:27:28	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC008
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
10/09/2015	20:27:28	CANON 2 Bd 150 cubic inch Not Replaced	0:00:04	2540	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
10/09/2015	20:27:32	canon 2 bd remarque	11:38:06	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
11/09/2015	08:05:38	Avarie canon 8 babord (520cu). Allumage Canon 7 tribord	3:07:22	2550	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
11/09/2015 11:13:00 END PROFILE TEC008															
11/09/2015 11:13:00 START PROFILE TEC009															
			8:34:00	2550	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC009
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
11/09/2015 22:37:00 END PROFILE TEC009															
DEBUT MAINTENANCE															
11/09/2015	23:30:00	remonté ligne babord canon pour réparation canon 8 et 6	10:08:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	Maintenance
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
FIN MAINTENANCE															
12/09/2015 08:45:00 START PROFILE TEC010															
12/09/2015	08:46:00	arrêt canon 8, remplacé par 7 babord	3:41:46	2550	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC010
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
12/09/2015	22:29:46	Canon 1 Bb en fuite HS	8:17:14	2430	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
13/09/2015 06:47:00 END PROFILE TEC010															

13/09/2015	07:06:00	START PROFILE TEC011																		
			24:29:23	2430	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC011					
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
14/09/2015	07:35:23	Canon 7 tribord 380 cu HS remplace par le 6 tribord 300 cu (remplacé au bout de 3	12:57:00	2350	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
14/09/2015	20:32:23	Canon 6 Td HS, remplacé par 6 Bd	8:59:37	2350	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
15/09/2015	05:32:00	Canon 5 bd HS, remplacé par 3 Bd	8:04:00	2300	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
15/09/2015	13:36:00	END PROFILE TEC011																		
DEBUT MAINTENANCE																				
15/09/2015	14:00:00	Remontée lignes Babord et Tribord pour maintenance générale	12:42:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	Maintenance					
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
FIN MAINTENANCE																				
TRANSIT NOUMEA																				
16/09/2015	02:18:00	Transit Nouméa pour rapatriement blessé	42:36:00												Transit Nouméa					
17/09/2015	19:00:00	Canon 8 tribord HS, remplacé par 8 babord (pendant ramp-up)		2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
TRANSIT NOUMEA																				
17/09/2015	20:54:00	START PROFILE TEC014													TEC014A					
			23:36:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
19/09/2015	03:07:00	Canon 7 tribord HS, remplacé par 7 babord	10:08:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
19/09/2015	13:15:00	Canon 7 babord HS, non remplacé	2:35:00	2310	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
19/09/2015	15:50:00	Canon 9 tribord HS, non remplacé	0:18:00	2235	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
19/09/2015	16:08:00	mise en service 6 bd	2:35:00	2535	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
19/09/2015	18:43:00	remise en service 9 td	22:24:00	2610	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
20/09/2015	17:07:00	Canon 8 babord HS, non remplacé	3:28:00	2090	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
20/09/2015	20:35:00	END PROFILE TEC014A																		
DEBUT MAINTENANCE																				
		Remontée lignes Babord et Tribord pour maintenance générale	11:35:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	Maintenance					
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
FIN MAINTENANCE																				
21/09/2015	08:10:00	START PROFILE TEC014B													TEC014B					
			8:45:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
21/09/2015	16:55:00	Canon 8 babord HS, remplacé par 8 tribord	7:20:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
22/09/2015	00:15:00	Canon 8 tribord HS, remplacé par 7 babord	8:10:00	2550	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
22/09/2015	08:25:00	END PROFILE TEC014B																		
22/09/2015	08:25:00	START PROFILE TEC015													TEC015					
		Canon 8 tribord HS, remplacé par 7 babord	0:48:00	2550	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
22/09/2015	09:13:00	Canon 9 babord HS	0:47:00	2475	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
22/09/2015	10:00:00	Canon 9 babord de retour	4:49:00	2550	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
22/09/2015	14:49:00	END PROFILE TEC015																		
22/09/2015	14:49:00	START PROFILE TEC016													TEC016					
			6:05:00	2550	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
22/09/2015	20:54:00	END PROFILE TEC016																		
22/09/2015	21:00:00	START PROFILE TEC017													TEC017					
			1:21:00	2550	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
22/09/2015	22:21:00	START PROFILE TEC017																		
23/09/2015	12:10:00	START PROFILE TEC018 - 19													TEC018 - 19					
		Canon 8 babord HS	1:16:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
23/09/2015	13:26:00	Canon 1 Babord HS	7:51:00	2570	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord						
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						
23/09/2015	21:17:00	END PROFILE TEC018 - 19																		
			32:03:00	2690	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	Stand by Météo					
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord						



06/10/2015	20:34:00	START PROFILE TEC031													
			15:16:00	2610	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC031
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
07/10/2015	11:50:00	END PROFILE TEC031													
07/10/2015	11:50:00	START PROFILE TEC032													
			1:40:00	2610	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	TEC032
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
07/10/2015	13:30:00	Canon 1 Td HS	5:27:00	2490	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
07/10/2015	18:57:00	Canon 8 Td HS Remplace par 3 Td et 3 Bd	1:03:00	2470	520	380	300	300	250	250	150	120	75	babord	
					520	380	300	300	250	250	150	120	75	tribord	
07/10/2015	20:00:00	END PROFILE TEC032													

Table 2 – Air gun failures and evolution of source configuration and volume throughout the voyage

### 1.1.3 Modelled seismic source signatures

Due to technical failures, the source characteristics changed regularly during the voyage. Signatures of all seismic sources used during the voyage were modeled and are illustrated below.

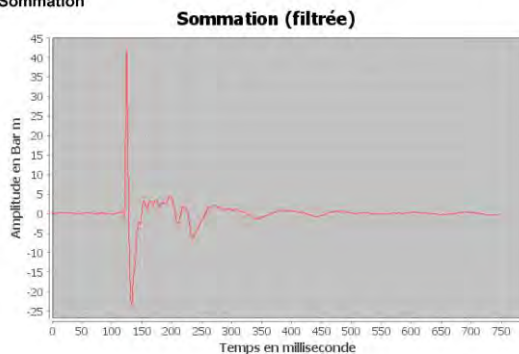
#### 1.1.3.1 2690 cu (nominal source)

##### Simulation sismique

###### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102.6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117.1msd.txt	2	0.0
GGUN_150_140b_6m_103.4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101.3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117.3msd.txt	2	-0.2
GGUN_380_140b_10m_98.4msd.txt	1	17.2
GGUN_520_140b_10m_100.7msd.txt	1	15.0

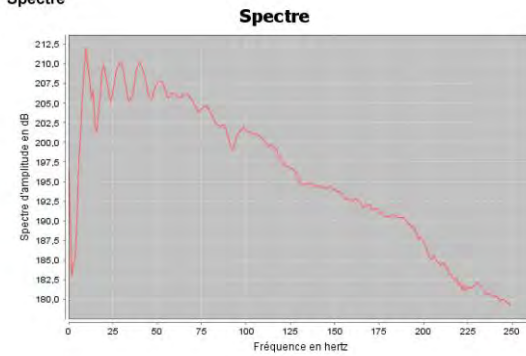
###### Sommation



###### Résultat

A : 49.22 Bar-m(253.84 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap : 74.82 Bar-m(257.46 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ab : 7.30 Bar-m(237.27 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap / Ab : 10.22  
 T : 72.20 ms

###### Spectre



###### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 7-110 Hz  
 BP (-6dB) : 8-79 Hz  
 BP (-3dB) : 9-54 Hz  
 Amplitude max : 212.05 dB ref 1Pa@1m

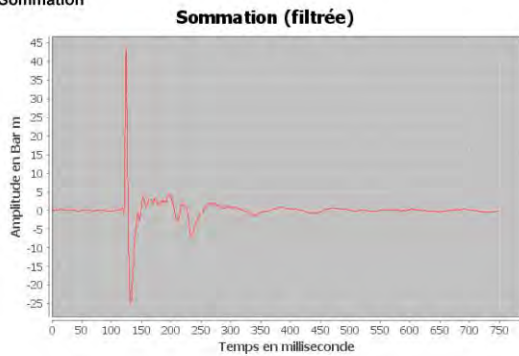
### 1.1.3.2 2610 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102.6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117.1msd.txt	2	0.0
GGUN_150_140b_6m_103.4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101.3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117.3msd.txt	3	-0.2
GGUN_520_140b_10m_100.7msd.txt	1	15.0

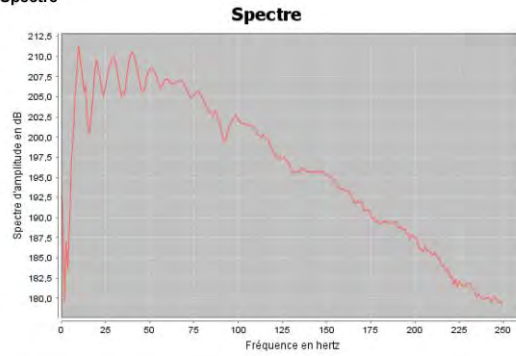
##### Sommation



##### Résultat

A : 50,81 Bar-m(254,12 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap : 77,97 Bar-m(257,84 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ab : 7,36 Bar-m(237,34 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap / Ab : 10,59  
 T : 72,20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 7-117 Hz  
 BP (-6dB) : 8-87 Hz  
 BP (-3dB) : 9-71 Hz  
 Amplitude max : 211,29 dB ref 1Pa@1m

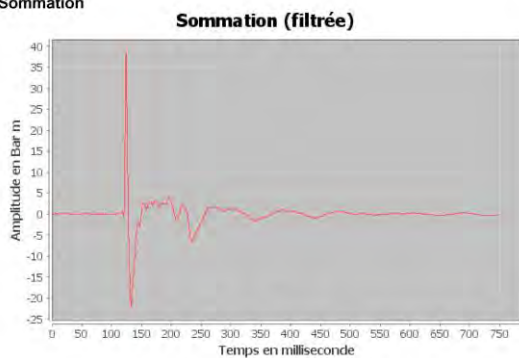
### 1.1.3.3 2570 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102.6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117.1msd.txt	1	0.0
GGUN_150_140b_6m_103.4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101.3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117.3msd.txt	2	-0.2
GGUN_380_140b_10m_98.4msd.txt	1	17.2
GGUN_520_140b_10m_100.7msd.txt	1	15.0

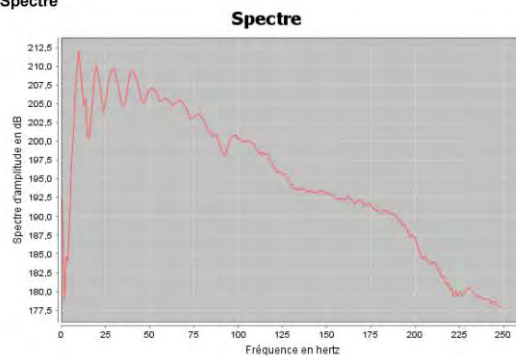
##### Sommation



##### Résultat

A : 45,13 Bar-m(253,09 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap : 69,09 Bar-m(256,79 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ab : 5,61 Bar-m(234,98 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap / Ab : 12,31  
 T : 72,20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 7-106 Hz  
 BP (-6dB) : 8-71 Hz  
 BP (-3dB) : 9-43 Hz  
 Amplitude max : 212,09 dB ref 1Pa@1m



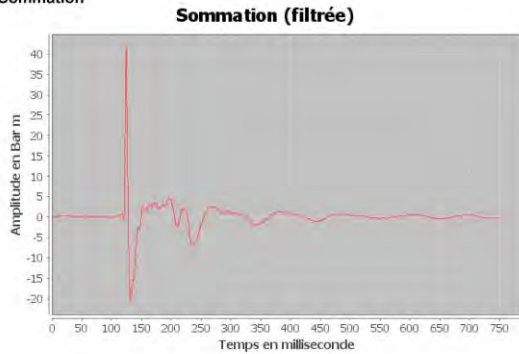
### 1.1.3.4 2550 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	2	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	2	-0.2
GGUN_380_140b_10m_98,4msd.txt	2	17.2

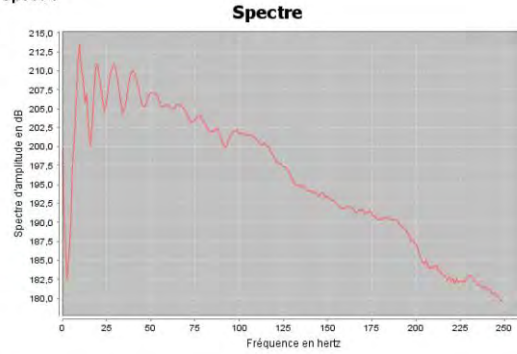
##### Sommation



##### Résultat

A : 48,95 Bar-m(253,80 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap : 71,43 Bar-m(257,08 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ab : 7,32 Bar-m(237,29 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap / Ab : 9,75  
 T : 72,20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 7-109 Hz  
 BP (-6dB) : 8-68 Hz  
 BP (-3dB) : 9-42 Hz  
 Amplitude max : 213,52 dB ref 1Pa@1m

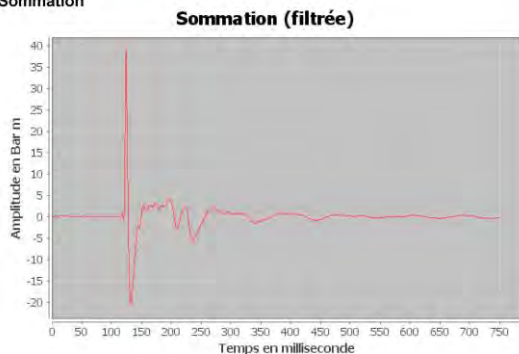
### 1.1.3.5 2540 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	2	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	1	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	2	-0.2
GGUN_380_140b_10m_98,4msd.txt	1	17.2
GGUN_520_140b_10m_100,7msd.txt	1	15.0

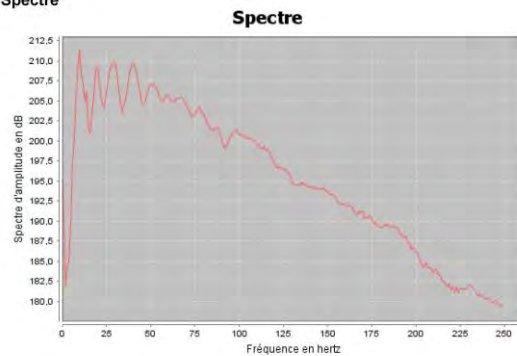
##### Sommation



##### Résultat

A : 45,74 Bar-m(253,21 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap : 67,70 Bar-m(256,61 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ab : 7,41 Bar-m(237,40 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap / Ab : 9,13  
 T : 72,20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 7-114 Hz  
 BP (-6dB) : 8-80 Hz  
 BP (-3dB) : 9-54 Hz  
 Amplitude max : 211,41 dB ref 1Pa@1m

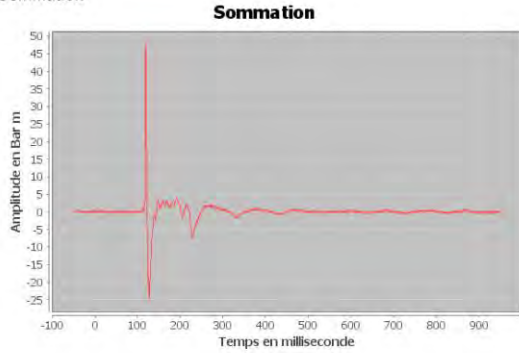
### 1.1.3.6 2535 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	1	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	2	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	3	-0.2
GGUN_520_140b_10m_100,7msd.txt	1	15.0

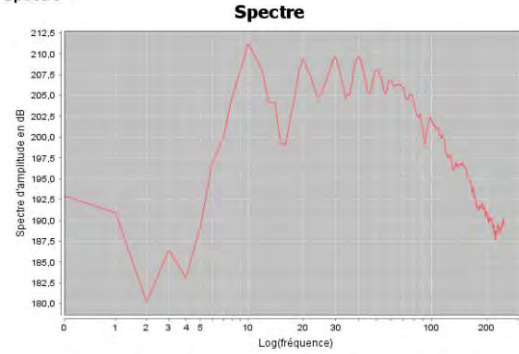
##### Sommation



##### Résultat

Ap : 47,77 Bar-m(253,58 dB re 1 µPa@1 m)  
 App : 72,49 Bar-m(257,21 dB re 1 µPa@1 m)  
 Bpp : 5,29 Bar-m(234,47 dB re 1 µPa@1 m)  
 App / Bpp : 13,70  
 T : 72,80 ms  
 SEL : 229,00 dB re 1µPa\*s @1 m  
 SL Peak : 253,58 dB re 1 µPa@1 m

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : Ø  
 BP (-10dB) : 7-117 Hz  
 BP (-6dB) : 8-82 Hz  
 BP (-3dB) : 9-69 Hz  
 Amplitude max : 211,20 dB ref 1Pa@1m  
 Tf : 100,00 ms

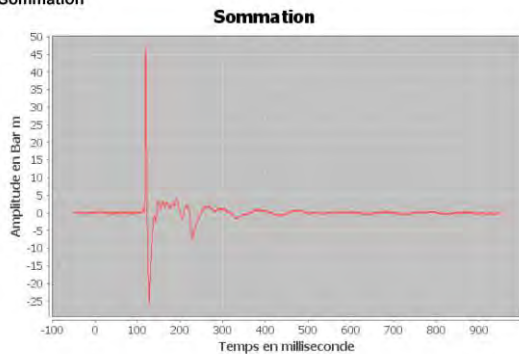
### 1.1.3.7 2490 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	1	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	3	-0.2
GGUN_520_140b_10m_100,7msd.txt	1	15.0

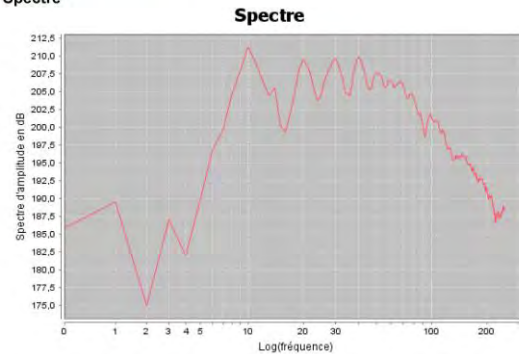
##### Sommation



##### Résultat

Ap : 46,72 Bar-m(253,39 dB re 1 µPa@1 m)  
 App : 72,44 Bar-m(257,20 dB re 1 µPa@1 m)  
 Bpp : 5,71 Bar-m(235,13 dB re 1 µPa@1 m)  
 App / Bpp : 12,68  
 T : 72,20 ms  
 SEL : 228,92 dB re 1µPa\*s @1 m  
 SL Peak : 253,39 dB re 1 µPa@1 m

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : Ø  
 BP (-10dB) : 7-117 Hz  
 BP (-6dB) : 8-82 Hz  
 BP (-3dB) : 9-69 Hz  
 Amplitude max : 211,28 dB ref 1Pa@1m  
 Tf : 100,00 ms

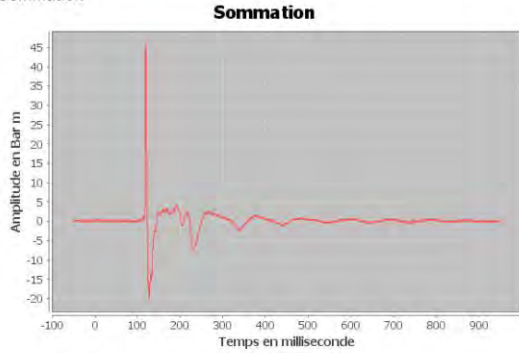
### 1.1.3.8 2475 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102.6msd.txt	1	13.0
BOLT_2_140b_6m_117.1msd.txt	2	0.0
GGUN_150_140b_6m_103.4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101.3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117.3msd.txt	2	-0.2
GGUN_380_140b_10m_98.4msd.txt	2	17.2

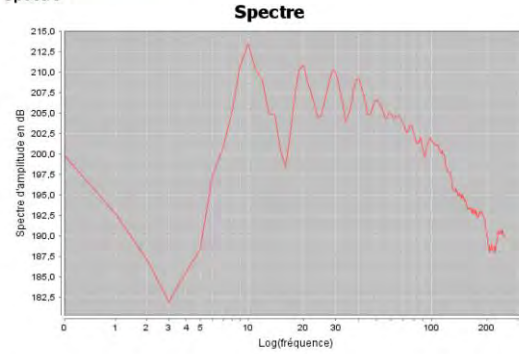
##### Sommation



##### Résultat

Ap : 45.91 Bar-m(253.24 dB re 1 µPa@1 m)  
 App : 65.95 Bar-m(256.38 dB re 1 µPa@1 m)  
 Bpp : 11.48 Bar-m(241.20 dB re 1 µPa@1 m)  
 App / Bpp : 5.74  
 T : 72.20 ms  
 SEL : 228.85 dB re 1µPa\*s @1 m  
 SL Peak : 253.24 dB re 1 µPa@1 m

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : Ø  
 BP (-10dB) : 8-107 Hz  
 BP (-6dB) : 8-54 Hz  
 BP (-3dB) : 9-41 Hz  
 Amplitude max : 213.50 dB ref 1Pa@1m  
 TT : 100.00 ms

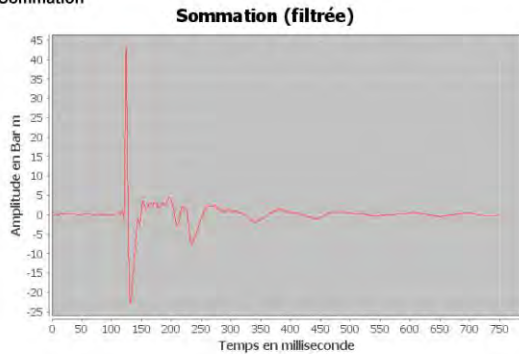
### 1.1.3.9 2470 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102.6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117.1msd.txt	2	0.0
GGUN_150_140b_6m_103.4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101.3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117.3msd.txt	3	-0.2
GGUN_380_140b_10m_98.4msd.txt	1	17.2

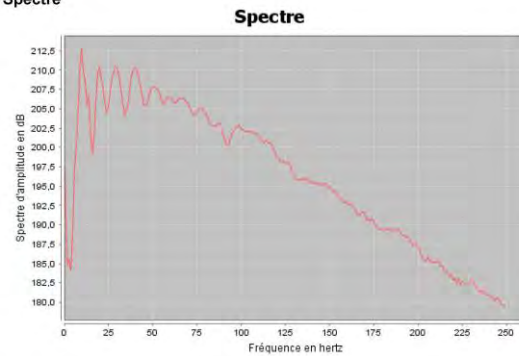
##### Sommation



##### Résultat

A : 50.55 Bar-m(254.07 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap : 75.12 Bar-m(257.52 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ab : 7.38 Bar-m(237.36 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap / Ab : 10.17  
 T : 72.20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 7-117 Hz  
 BP (-6dB) : 8-80 Hz  
 BP (-3dB) : 9-53 Hz  
 Amplitude max : 212.81 dB ref 1Pa@1m



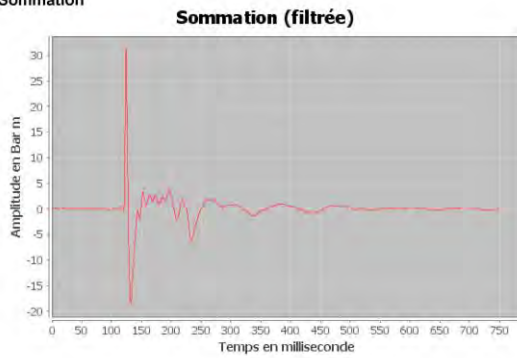
### 1.1.3.10 2430 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	1	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	2	-0.2

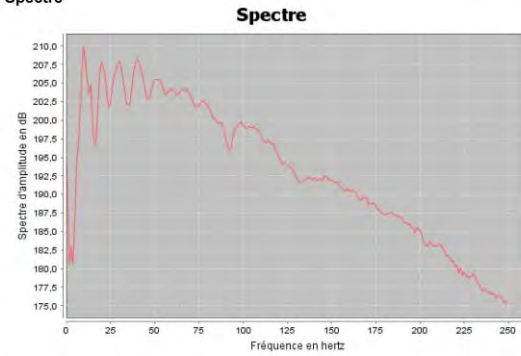
##### Sommation



##### Résultat

A : 36,38 Bar.m(251,22 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap : 56,72 Bar.m(255,07 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ab : 5,71 Bar.m(235,13 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap / Ab : 9,93  
 T : 72,20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 8-114 Hz  
 BP (-6dB) : 8-82 Hz  
 BP (-3dB) : 9-68 Hz  
 Amplitude max : 209,93 dB ref 1Pa@1m

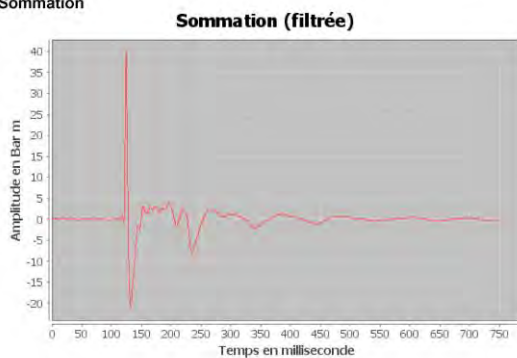
### 1.1.3.11 2350 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	1	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	3	-0.2
GGUN_380_140b_10m_98,4msd.txt	1	17.2

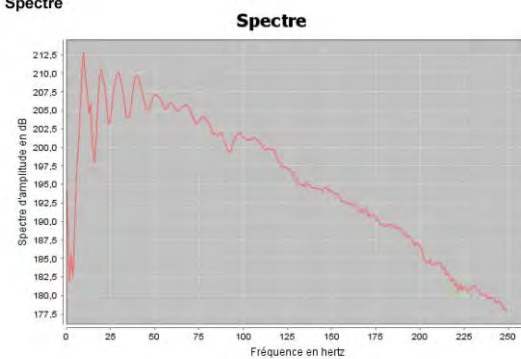
##### Sommation



##### Résultat

A : 46,46 Bar.m(253,34 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap : 69,46 Bar.m(256,83 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ab : 12,18 Bar.m(241,71 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap / Ab : 5,70  
 T : 72,20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 7-114 Hz  
 BP (-6dB) : 8-78 Hz  
 BP (-3dB) : 9-50 Hz  
 Amplitude max : 212,83 dB ref 1Pa@1m

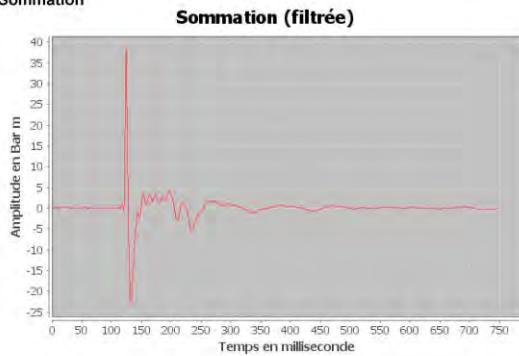
### 1.1.3.12 2310 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	2	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	2	-0.2
GGUN_520_140b_10m_100,7msd.txt	1	15.0

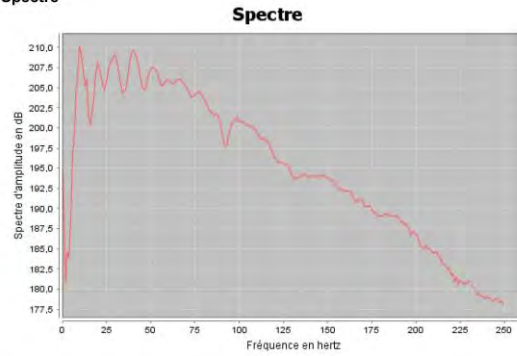
##### Sommation



##### Résultat

A : 44,98 Bar-m(253,06 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap : 70,02 Bar-m(256,90 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ab : 7,36 Bar-m(237,34 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap / Ab : 9,51  
 T : 72,80 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 7-117 Hz  
 BP (-6dB) : 8-83 Hz  
 BP (-3dB) : 9-70 Hz  
 Amplitude max : 210,15 dB ref 1Pa@1m

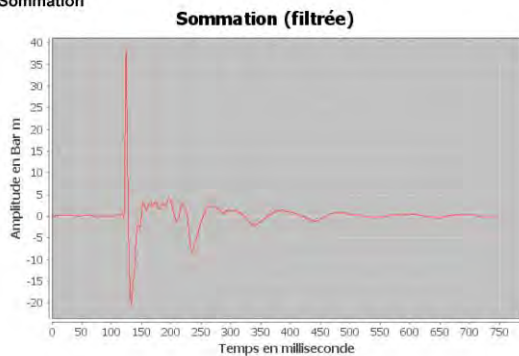
### 1.1.3.13 2300 cu (A)

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	1	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	3	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	2	-0.2
GGUN_380_140b_10m_98,4msd.txt	1	17.2

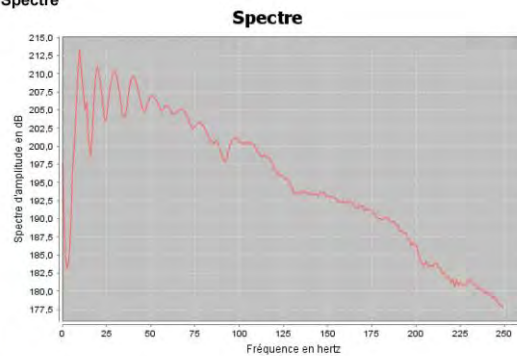
##### Sommation



##### Résultat

A : 44,42 Bar-m(252,95 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap : 66,57 Bar-m(256,47 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ab : 12,54 Bar-m(241,97 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap / Ab : 5,30  
 T : 72,20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 8-99 Hz  
 BP (-6dB) : 9-68 Hz  
 BP (-3dB) : 9-42 Hz  
 Amplitude max : 213,35 dB ref 1Pa@1m

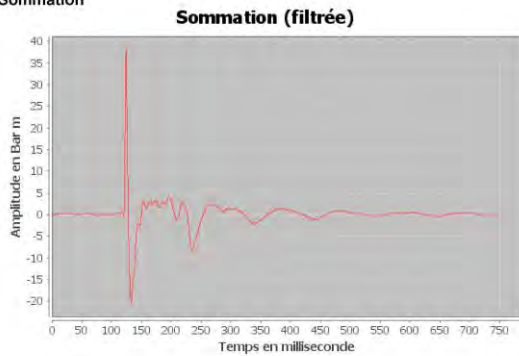
### 1.1.3.14 2300 cu (B)

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	1	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	3	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	2	-0.2
GGUN_380_140b_10m_98,4msd.txt	1	17.2

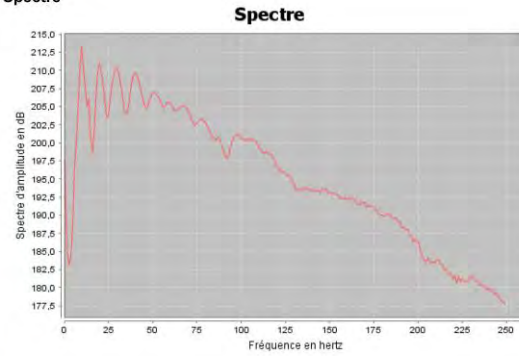
##### Sommation



##### Résultat

A : 44,42 Bar-m(252,95 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap : 66,57 Bar-m(256,47 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ab : 12,54 Bar-m(241,97 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap / Ab : 5,30  
 T : 72,20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 8-99 Hz  
 BP (-6dB) : 9-68 Hz  
 BP (-3dB) : 9-42 Hz  
 Amplitude max : 213,35 dB ref 1Pa@1m

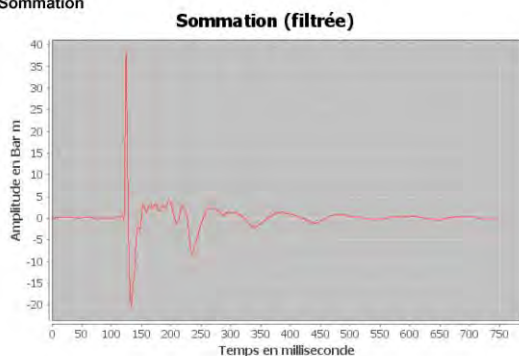
### 1.1.3.15 2300 cu (C)

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	1	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	3	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	2	-0.2
GGUN_380_140b_10m_98,4msd.txt	1	17.2

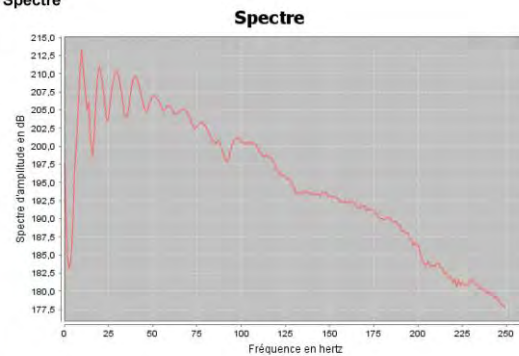
##### Sommation



##### Résultat

A : 44,42 Bar-m(252,95 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap : 66,57 Bar-m(256,47 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ab : 12,54 Bar-m(241,97 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap / Ab : 5,30  
 T : 72,20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 8-99 Hz  
 BP (-6dB) : 9-68 Hz  
 BP (-3dB) : 9-42 Hz  
 Amplitude max : 213,35 dB ref 1Pa@1m

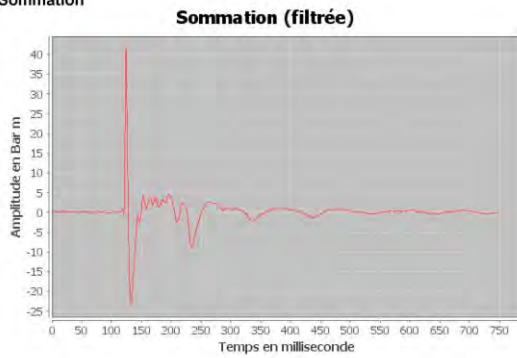
### 1.1.3.16 2290 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	2	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	4	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	2	-0.2

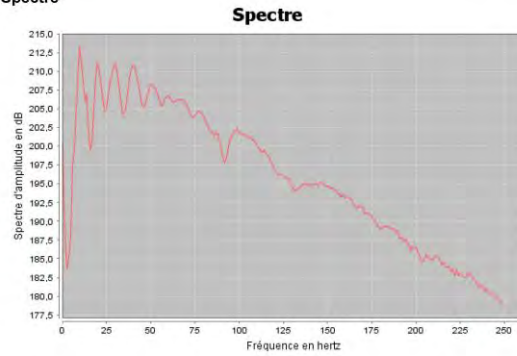
##### Sommation



##### Résultat

A : 48.07 Bar.m(253.64 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap : 72.76 Bar.m(257.24 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ab : 13.88 Bar.m(242.85 dB re 1 µPa@1 m)  
 Ap / Ab : 5.24  
 T : 72.20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 8-108 Hz  
 BP (-6dB) : 9-71 Hz  
 BP (-3dB) : 9-51 Hz  
 Amplitude max : 213.28 dB ref 1Pa@1m

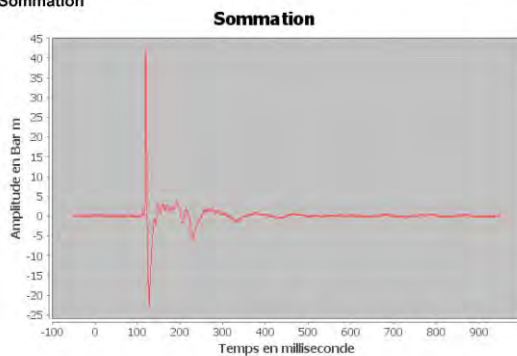
### 1.1.3.17 2235 cu

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	1	13.0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	2	0.0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	2	-0.2
GGUN_520_140b_10m_100,7msd.txt	1	15.0

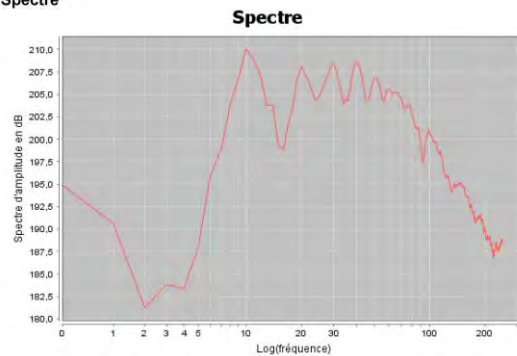
##### Sommation



##### Résultat

Ap : 41.94 Bar.m(252.45 dB re 1 µPa@1 m)  
 App : 64.55 Bar.m(256.20 dB re 1 µPa@1 m)  
 Bpp : 5.30 Bar.m(234.49 dB re 1 µPa@1 m)  
 App / Bpp : 12.17  
 T : 72.80 ms  
 SEL : 227.93 dB re 1µPa\*xs @1 m  
 SL Peak : 252.45 dB re 1 µPa@1 m

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : Ø  
 BP (-10dB) : 7-116 Hz  
 BP (-6dB) : 8-81 Hz  
 BP (-3dB) : 9-67 Hz  
 Amplitude max : 210.03 dB ref 1Pa@1m  
 Tf : 100.00 ms



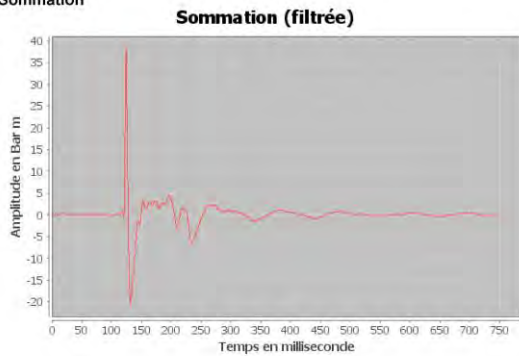
### 1.1.3.18 2170 cu (A)

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102.6msd.txt	2	13.0
BOLT_2_140b_6m_117.1msd.txt	2	0.0
GGUN_150_140b_6m_103.4msd.txt	2	12.8
GGUN_250_140b_8m_101.3msd.txt	2	14.8
BOLT_5_140b_8m_117.3msd.txt	2	-0.2
GGUN_380_140b_10m_98.4msd.txt	1	17.2

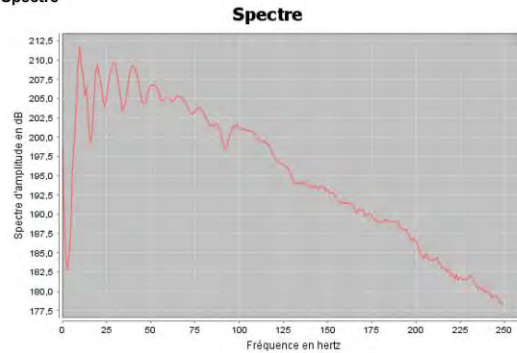
##### Sommation



##### Résultat

A : 44,71 Bar-m(253,01 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap : 66,88 Bar-m(256,51 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ab : 7,37 Bar-m(237,35 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap / Ab : 9,07  
 T : 72,20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 7-116 Hz  
 BP (-6dB) : 8-80 Hz  
 BP (-3dB) : 9-54 Hz  
 Amplitude max : 211,83 dB ref 1Pa@1m

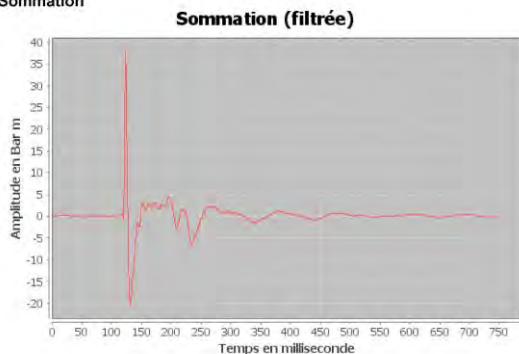
### 1.1.3.19 2170 cu (B)

#### Simulation sismique

##### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102.6msd.txt	2	12.4
BOLT_2_140b_6m_117.1msd.txt	2	-0.6
GGUN_150_140b_6m_103.4msd.txt	2	12.2
GGUN_250_140b_8m_101.3msd.txt	2	14.2
BOLT_5_140b_8m_117.3msd.txt	2	-0.8
GGUN_380_140b_10m_98.4msd.txt	1	16.6

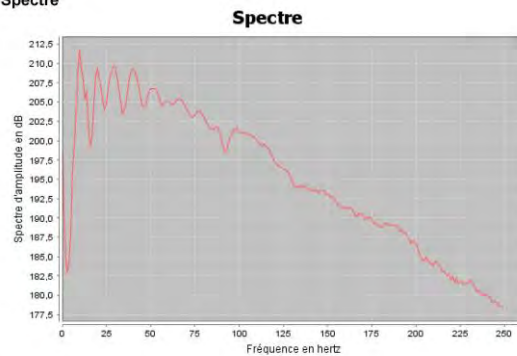
##### Sommation



##### Résultat

A : 44,71 Bar-m(253,01 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap : 67,48 Bar-m(256,58 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ab : 7,37 Bar-m(237,35 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap / Ab : 9,15  
 T : 72,20 ms

##### Spectre



##### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 7-116 Hz  
 BP (-6dB) : 8-80 Hz  
 BP (-3dB) : 9-54 Hz  
 Amplitude max : 211,82 dB ref 1Pa@1m

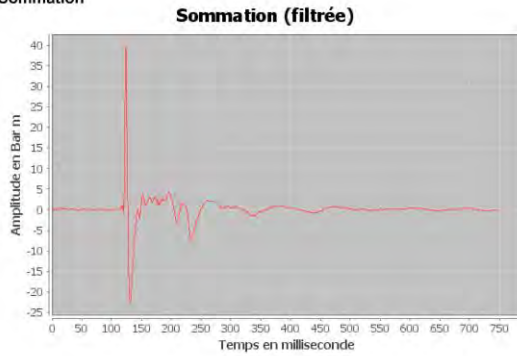
## 1.1.3.20 2090 cu

### Simulation sismique

#### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	12,6
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	2	-0,4
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12,4
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	2	14,4
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	3	-0,6

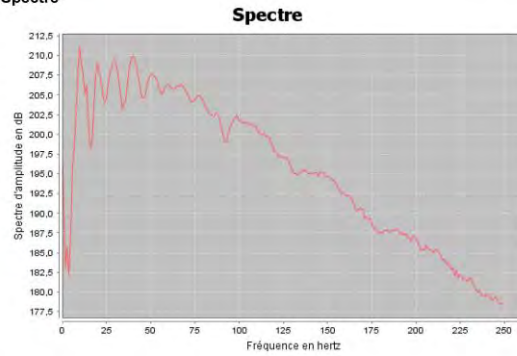
#### Sommation



#### Résultat

A : 48,31 Bar-m(253,31 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap : 70,61 Bar-m(256,98 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ab : 7,43 Bar-m(237,42 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Ap / Ab : 9,50  
 T : 72,10 ms

#### Spectre



#### Résultat

Filtre : 0-256 Hz  
 BP (-10dB) : 8-117 Hz  
 BP (-6dB) : 9-82 Hz  
 BP (-3dB) : 9-68 Hz  
 Amplitude max : 211,14 dB ref 1Pa@1m

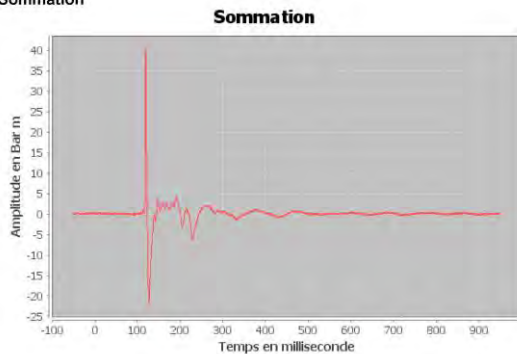
## 1.1.3.21 1790 cu

### Simulation sismique

#### Liste des canons

Canon	Quantité	Offset
GGUN_75_140b_6m_102,6msd.txt	2	13,0
BOLT_2_140b_6m_117,1msd.txt	2	0,0
GGUN_150_140b_6m_103,4msd.txt	2	12,8
GGUN_250_140b_8m_101,3msd.txt	2	14,8
BOLT_5_140b_8m_117,3msd.txt	2	-0,2

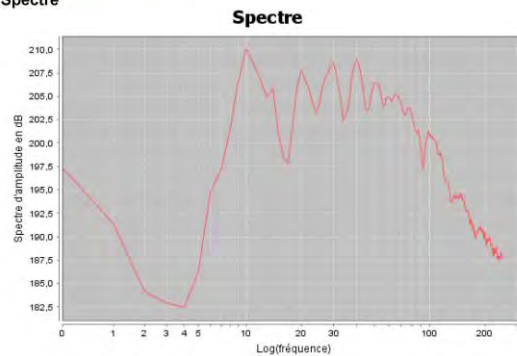
#### Sommation



#### Résultat

Ap : 40,47 Bar-m(252,14 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 App : 62,37 Bar-m(255,90 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 Bpp : 7,42 Bar-m(237,41 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m)  
 App / Bpp : 8,40  
 T : 72,20 ms  
 SEL : 227,69 dB re 1  $\mu$ Pa\*xs @1 m  
 SL Peak : 252,14 dB re 1  $\mu$ Pa@1 m

#### Spectre



#### Résultat

Filtre : Ø  
 BP (-10dB) : 8-117 Hz  
 BP (-6dB) : 9-82 Hz  
 BP (-3dB) : 9-67 Hz  
 Amplitude max : 210,03 dB ref 1Pa@1m  
 Tf : 100,00 ms



## 1.2 Sub-bottom profiler

Nom du profil	Configuration	First shot	Last shot	Total shots	Length	SwEEP length	Output level	Bathy	Navigation : points aberrants	Mean shot interval	Mean shot interval	Water Velocity (min-max)	Static correction (m/s)	Mean signal amplitude	Mean raw noise	Mean S/N	Niveau de qualité	Mean SBR coef.
					(m)	(ms)	(%)	(m)	(%)	(ms)	(m)	(m/s)	(ms)	(V)	(mV)	(dB)	(0 à 3)	
AT0000_D20150902_T231412	1	1	2225	2225	33375	80	100	1554-2684	0	4873	15	1500-1520	0,47	0,35	17	16		0,13
AT0000_D20150903_T044357	1	1	110	110	220	80	100	2615-2621	0	934	2	1510	0,5	0,35	19	12		NaN
AT0000_D20150903_T044601	1	1	2589	2589	5178	80	100	2480-2613	0	921	2	1510	0,49	0,42	20	12		NaN
AT0000_D20150903_T052547	1	2590	5178	2589	5178	80	100	2274-2482	0	876	2	1510	0,48	0,42	23	14		0,09
AT0000_D20150903_T060334	1	5179	7767	2589	5178	80	100	2026-2291	0	959	2	1510	0,51	0,4	21	15		0,08
AT0000_D20150903_T064456	1	7768	10356	2589	7767	80	100	1446-2031	0	1005	3	1500-1510	0,59	0,34	50	4		0,14
AT0000_D20150903_T072817	1	10357	12945	2589	7767	80	100	1253-1735	0	1027	3	1500-1540	0,68	0,36	62	3		0,12
AT0000_D20150903_T081237	1	12946	13337	392	1176	80	100	1370-1570	0	1141	3	1530-1540	0,77	0,39	19	6		0,04
AT0001_D20150903_T082011	1	1	2589	2589	7767	80	100	1555-2011	0	982	3	1510-1530	0,69	0,39	20	11		0,07
AT0001_D20150903_T090234	1	2590	5178	2589	7767	80	100	1978-2154	0	1006	3	1510	0,61	0,36	18	14		0,1
AT0001_D20150903_T094559	1	5179	7767	2589	5178	80	100	2134-2449	0	942	2	1510	0,6	0,35	20	12		0,09
AT0001_D20150903_T102637	1	7768	10356	2589	5178	80	100	2325-2478	0	871	2	1510	0,53	0,37	21	12		0,09
AT0001_D20150903_T110411	1	10357	12945	2589	5178	80	100	2310-2549	0	877	2	1510	0,51	0,3	21	10		0,1
AT0001_D20150903_T114201	1	12946	15534	2589	5178	80	100	2538-2750	0	964	2	1510	0,42	0,29	19	10		0,07
AT0001_D20150903_T122337	1	15535	18123	2589	5178	80	100	2668-2754	0	971	2	1510	0,39	0,35	19	10		0,1
AT0001_D20150903_T130532	1	18124	20712	2589	5178	80	100	2589-2670	0	944	2	1510	0,44	0,4	20	11		0,08
AT0001_D20150903_T134617	1	20713	23301	2589	5178	80	100	2578-2606	0	929	2	1500-1510	0,43	0,38	20	13		0,18
AT0001_D20150903_T142624	1	23302	25890	2589	5178	80	100	2509-2602	0	920	2	1500	0,43	0,38	20	15		0,2
AT0001_D20150903_T150604	1	25891	28479	2589	5178	80	100	2499-2523	0	904	2	1500	0,44	0,34	20	13		0,27
AT0001_D20150903_T154505	1	28480	31068	2589	5178	80	100	2481-2679	0	926	2	1500	0,39	0,3	20	12		0,23
AT0001_D20150903_T162503	1	31069	33657	2589	5178	80	100	2675-2896	0	898	2	1500	0,36	0,25	22	11		0,08
AT0001_D20150903_T170347	1	33658	36246	2589	5178	80	100	2896-3090	0	871	2	1500	0,32	0,26	22	12		0,1
AT0001_D20150903_T174123	1	36247	38835	2589	5178	80	100	3085-3381	0	937	2	1500-1510	0,32	0,24	20	8		0,1
AT0001_D20150903_T182150	1	38836	41424	2589	5178	80	100	3369-3472	0	866	2	1510	0,3	0,23	23	5		0,09
AT0001_D20150903_T185912	1	41425	44013	2589	5178	80	100	3468-3533	0	818	2	1510	0,34	0,23	24	5		0,07
AT0001_D20150903_T193430	1	44014	46602	2589	5178	80	100	3523-3587	0	831	2	1510	0,32	0,3	24	7		0,16
AT0001_D20150903_T201022	1	46603	49191	2589	5178	80	100	3584-3611	0	839	2	1510	0,31	0,38	24	9		0,08
AT0001_D20150903_T204635	1	49192	51780	2589	5178	80	100	3608-3623	0	840	2	1510	0,34	0,35	25	9		0,08
AT0001_D20150903_T212249	1	51781	54369	2589	5178	80	100	3618-3628	0	840	2	1510	0,34	0,36	26	10		NaN
AT0001_D20150903_T215904	1	54370	56958	2589	5178	80	100	3623-3630	0	840	2	1510	0,33	0,32	25	9		0,1
AT0001_D20150903_T223519	1	56959	59547	2589	5178	80	100	3626-3631	0	840	2	1510	0,34	0,35	25	9		NaN
AT0001_D20150903_T231134	1	59548	62136	2589	5178	80	100	3627-3632	0	840	2	1510	0,33	0,36	25	9		NaN
AT0001_D20150903_T234748	1	62137	64725	2589	5178	80	100	3628-3634	0	844	2	1510	0,33	0,38	24	9		NaN
AT0001_D20150904_T002413	1	64726	67314	2589	5178	80	100	3629-3634	0	845	2	1510	0,36	0,33	25	8		NaN
AT0001_D20150904_T010041	1	67315	67364	50	100	80	100	3630-3632	0	845	2	1510	0,24	0,34	25	9		NaN
AT0002_D20150904_T010143	1	1	2589	2589	5178	80	100	3629-3635	0	845	2	1510	0,33	0,35	25	8	2	0,09
AT0002_D20150904_T013811	1	2590	5178	2589	5178	80	100	3629-3639	0	845	2	1510	0,31	0,33	25	8	2	NaN
AT0002_D20150904_T021439	1	5179	7767	2589	5178	80	100	3629-3644	0	848	2	1500-1510	0,29	0,31	24	11	3	0,25
AT0002_D20150904_T025115	1	7768	10356	2589	5178	80	100	3630-3636	0	850	2	1500	0,30	0,36	23	13	3	0,24
AT0002_D20150904_T032755	1	10357	12945	2589	5178	80	100	3630-3637	0	850	2	1500	0,29	0,36	24	13	3	0,25
AT0002_D20150904_T040436	1	12946	14942	1997	3994	80	100	3630-3638	0	850	2	1500	0,34	0,33	23	13	3	0,25
AT0002_D20150904_T043410	1	1	2589	2589	88026	80	100	3632-3655	0	15594	34	1500-1520	0,43	0,35	12	19	3	0,28
AT0002_D20150904_T154711	1	2590	3754	1165	43105	80	100	3629-3648	0	15308	37	1505	0,48	0,32	12	19	3	0,28
AT0002_D20150904_T204548	1	1	58	58	1972	80	100	3634-3643	0	15294	34	1505	0,48	0,33	12	19	3	0,29
AT0002_D20150904_T210052	1	1	2589	2589	82848	80	100	3584-3648	0	13333	32	1505	0,61	0,3	12	18	3	0,25
AT0002_D20150905_T063617	1	2590	5178	2589	88026	80	100	3566-3614	0	13044	34	1505	0,69	0,28	12	17	3	0,24
AT0002_D20150905_T155909	1	5179	5612	434	13454	80	100	3605-3611	0	13169	31	1505	0,47	0,32	12	18	3	0,26
AT0002_D20150905_T173436	1	1	2589	2589	85437	80	100	3588-3611	0	13152	33	1505	0,59	0,26	12	17	3	0,21
AT0002_D20150906_T030208	1	2590	4929	2340	77220	80	100	3559-3604	0	13109	33	1505	0,50	0,26	12	17	3	0,14
AT0003_D20150906_T113332	1	1	2589	2589	69903	80	100	1978-3585	0	10496	27	1450-1505	0,47	0,31	51	6	2	0,14
AT0003_D20150906_T190624	1	2590	5178	2589	31068	80	100	828-2071	0	4787	12	1430-1520	0,73	1,49	113	11	3	0,26
AT0003_D20150906_T223252	1	5179	7767	2589	25890	80	100	829-1486	0	4001	10	1400-1520	0,90	1,6	214	3	1	0,18
AT0003_D20150907_T012534	1	7768	10356	2589	49191	80	100	1443-2672	0	7875	19	1420-1500	0,66	0,51	75	0	1	0,19
AT0003_D20150907_T070529	1	10357	11073	717	17208	80	100	2540-2735	0	10073	24	1460-1480	0,53	0,31	85	0	1	0,06
AT0003_D20150907_T090924	1	1	219	219	3285	80	100	2501-2549	0	10045	15	1480-1530	0,57	0,3	32	10	2	0,25
AT0003_D20150907_T094728	1	1	1228	1228	18420	80	100	2168-2728	0	10733	15	1500-1520	0,59	0,3	28	11	3	0,23
AT0003_D20150907_T164636	1	1	2589	2589	93204	80	100	814-2945	0	6888	36	1498-1520	0,87	1,13	28	18	3	0,25
AT0003_D20150907_T214343	1	2590	5178	2589	23301	80	100	831-1056	0	3894	9	1505	1,18	1,61	24	23	4	0,29
AT0003_D20150908_T003144	1	5179	7767	2589	12945	80	100	816-890	0	3139	5	1505	1,12	1,69	19	24	4	0,25
AT0003_D20150908_T024711	1	7768	10231	2464	27104	80	100	824-1451	0	4327	11	1505	0,96	1,59	26	23	4	0,26
AT0004_D20150908_T054509	1	1	2589	2589	41424	80	100	1059-1333	0	6004	16	1505	0,95	1,13	13	24	4	0,23
AT0004_D20150908_T100415	1	2590	5178	2589	38835	80	100	1060-1181	0	6019	15	1505	0,99	1,22	15	26	4	0,15
AT0004_D20150908_T142358	1	5179	5293	115	1725	80	100	1179-1213	0	6342	15	1505	1,14	1,25	13	28	4	0,23
AT0005_D20150908_T143618	1	1	2517	2517	52857	80	100	1212-2173	0	8287	21	1500-1505	0,79	0,68	14	22	4	0,19
AT0006_D20150908_T202412	1	1	2589	2589	46602	80	100	943-1917	0	6972	18	1505	0,80	0,89	12	25	4	0,2
AT0006_D20150909_T012505	1	2590	5178	2589	44013	80	100	882-1906	0	6468	17	1505	0,72	1,16	20	23	4	0,27
AT0006_D20150909_T060416	1	5179	5983	805	25760	80	100	1907-3112	0	13093	32	1505	0,45	0,28	16	14	3	0,1
AT0006_D20150909_T090101</																		



AT0010_D20150912_T084957	1	1	2589	2589	77670	80	100	2920-3368	0	12247	30	1505	0.60	0.23	13	15	3	0.21
AT0010_D20150912_T173827	1	2590	2734	145	4640	80	100	3077-3223	0	12367	32	1505	0.64	0.23	12	15	3	0.23
AT0010_D20150912_T180829	1	1	2589	2589	49191	80	100	1075-3096	0	7588	19	1505	1.02	0.65	18	19	3	0.23
AT0010_D20150912_T233547	1	2590	5178	2589	36246	80	100	1072-1621	0	5145	14	1505	1.12	1.27	14	26	4	0.22
AT0010_D20150913_T031750	1	5179	6594	1416	36816	80	100	1576-3118	0	9809	26	1505-1508	0.79	0.42	20	16	3	0.18
AT0011_D20150913_T070929	1	1	2589	2589	46602	80	100	1118-3000	0	6776	18	1500-1530	0.87	0.83	25	20	3	0.19
AT0011_D20150913_T120153	1	2590	5178	2589	33657	80	100	995-1525	0	5039	13	1505	1.01	0.77	13	23	4	0.13
AT0011_D20150913_T153922	1	5179	7767	2589	77670	80	100	1524-3515	0	11287	30	1505	0.52	0.37	19	15	3	0.13
AT0011_D20150913_T234634	1	7768	10356	2589	88026	80	100	3517-3584	0	13170	34	1505	0.45	0.32	12	19	3	0.29
AT0011_D20150914_T091453	1	10357	12945	2589	85437	80	100	3178-3578	0	12930	33	1505	0.46	0.28	12	17	3	0.22
AT0011_D20150914_T183249	1	12946	15534	2589	69903	80	100	2058-3362	0	10596	27	1505	0.48	0.29	12	16	3	0.12
AT0011_D20150915_T020955	1	15535	18123	2589	41424	80	100	1557-2058	0	6900	16	1505	0.66	0.51	12	20	3	0.25
AT0011_D20150915_T070737	1	18124	20712	2589	33657	80	100	1197-1557	0	5309	13	1505	0.67	0.65	12	21	4	0.32
AT0011_D20150915_T105641	1	20713	23301	2589	31068	80	100	1076-1204	0	4829	12	1505	0.66	0.74	13	19	3	0.3
AT0011_D20150915_T142503	1	23302	25890	2589	23301	80	100	1079-1172	0	4829	9	1505	0.76	0.73	12	20	3	0.31
AT0011_D20150915_T175327	1	25891	28479	2589	18123	80	100	1162-1282	0	4887	7	1505	0.66	0.67	12	20	3	0.32
AT0011_D20150915_T212420	1	28480	31068	2589	18123	80	100	1251-1411	0	5302	7	1505	0.62	0.64	12	22	4	0.31
AT0011_D20150916_T011302	1	31069	31870	802	4010	80	100	1410-1457	0	5628	5	1505	0.61	0.63	12	22	4	0.3
AT0012_D20150916_T022837	1	1	2589	2589	129450	80	100	1438-2503	0	8614	50	1505	0.49	0.52	12	17	3	0.27
AT0012_D20150916_T084037	1	2590	5178	2589	178641	80	100	2488-3390	0	11577	69	1485-1505	0.43	0.28	15	11	3	0.24
AT0012_D20150916_T170013	1	5179	7767	2589	207120	80	100	3398-3659	0	13321	80	1405-1505	0.41	0.31	27	5	1	0.27
AT0012_D20150917_T023502	1	7768	10356	2589	150162	80	100	2510-3646	0	10815	58	1495-1500	0.26	0.28	15	14	3	0.26
AT0012_D20150917_T102136	1	10357	12945	2589	56958	80	100	2166-2508	0	1	22	1500	0.29	0.33	12	17	3	0.22
AT0012_D20150917_T164956	1	12946	14451	1506	33132	80	100	2464-2665	0	9744	22	1500	0.27	0.27	12	16	3	0.23
AT0014_D20150917_T205445	1	1	2589	2589	64725	80	100	2552-2670	0	9805	25	1500	0.35	0.28	12	16	3	0.25
AT0014_D20150918_T035757	1	2590	5178	2589	64725	80	100	2581-2763	0	9985	25	1500	0.46	0.27	12	17	3	0.26
AT0014_D20150918_T110850	1	5179	7221	2043	51075	80	100	2665-2803	0	10282	25	1500	0.52	0.27	12	17	3	0.24
AT0014_D20150918_T190335	1	1	2589	2589	72492	80	100	2626-3238	0	10866	28	1495-1502	0.50	0.27	13	16	3	0.17
AT0014_D20150919_T025232	1	2590	5178	2589	82848	80	100	3218-3338	0	12387	32	1495-1505	0.47	0.25	13	14	3	0.22
AT0014_D20150919_T114703	1	5179	7767	2589	77670	80	100	3260-3393	0	12532	30	1495-1505	0.70	0.3	13	16	3	0.2
AT0014_D20150919_T204750	1	7768	10356	2589	80259	80	100	3218-3438	0	12703	31	1495-1500	0.79	0.33	13	18	3	0.25
AT0014_D20150920_T055559	1	10357	12945	2589	80259	80	100	3374-3414	0	12618	31	1500	0.92	0.44	13	21	4	0.29
AT0014_D20150920_T150027	1	12946	15534	2589	75081	80	100	3329-3380	0	12542	29	1490-1500	0.75	0.48	13	21	4	0.28
AT0014_D20150921_T000137	1	15535	18123	2589	72492	80	100	3332-3363	0	12547	28	1495-1500	0.59	0.47	12	21	4	0.3
AT0014_D20150921_T090301	1	18124	20333	2210	72930	80	100	3290-3348	0	12427	33	1498	0.67	0.44	12	21	4	0.26
AT0014_D20150921_T185736	1	1	2589	2589	82848	80	100	3251-3292	0	12234	32	1495-1500	0.61	0.59	12	23	4	0.29
AT0014_D20150922_T034532	1	2590	3984	1395	43245	80	100	3188-3256	0	12096	31	1497-1500	0.53	0.42	12	21	4	0.26
AT0015_D20150922_T082652	1	1	1343	1343	41633	80	100	3153-3234	0	12019	31	1500	0.45	0.32	12	19	3	0.21
AT0016_D20150922_T145003	1	1	389	389	12059	80	100	3172-3181	0	11947	31	1500	0.43	0.22	12	16	3	0.19
AT0016_D20150922_T164039	1	1	1312	1312	40672	80	100	3078-3187	0	12010	31	1490-1520	0.40	0.24	12	16	3	0.19
AT0017_D20150922_T210312	1	1	2589	2589	54369	80	100	2951-3268	0	12220	21	1490-1515	0.41	0.33	13	13	3	0.2
AT0017_D20150923_T055038	1	2590	4966	2377	49917	80	100	2073-3194	0	9647	21	1500-1508	0.53	0.28	13	15	3	0.19
AT0018_D20150923_T211243	1	1	2487	2487	69636	80	100	2331-3262	0	12024	28	1490-1510	0.52	0.3	14	16	3	0.21
AT0019_D20150923_T203109	1	1	2589	2589	56958	80	100	3025-3273	0	12118	22	1500-1502	0.99	0.28	14	16	3	0.18
AT0019_D20150924_T051405	1	2590	5178	2589	54369	80	100	1991-3274	0	10099	21	1500-1528	1.14	0.31	14	15	3	0.18
AT0019_D20150924_T122944	1	5179	7767	2589	59547	80	100	1982-2946	0	9863	23	1500	1.09	0.25	14	15	3	0.15
AT0019_D20150924_T193524	1	7768	10356	2589	51780	80	100	2003-2909	0	10076	20	1495-1510	0.90	0.27	13	15	3	0.18
AT0019_D20150925_T025007	1	10357	11490	1134	22680	80	100	1848-2185	0	8026	20	1500-1525	1.17	0.35	14	16	3	0.2
AT0020_D20150925_T052155	1	1	2589	2589	64725	80	100	2154-3094	0	11186	25	1495-1510	0.91	0.25	14	15	3	0.19
AT0020_D20150925_T132441	1	2590	5178	2589	59547	80	100	2202-3175	0	10431	23	1495-1520	0.79	0.25	16	12	3	0.22
AT0020_D20150925_T205449	1	5179	7767	2589	82848	80	100	2820-3257	0	12006	32	2500-2505	0.59	0.29	13	16	3	0.21
AT0020_D20150926_T053251	1	7768	10356	2589	59547	80	100	1424-2822	0	8681	23	1500	0.67	0.43	15	18	3	0.22
AT0020_D20150926_T114721	1	10357	12945	2589	36246	80	100	768-1429	0	5061	14	1500	0.94	1.15	15	23	4	0.19
AT0020_D20150926_T152541	1	12946	15534	2589	36246	80	100	766-1908	0	5313	14	1500-1510	0.95	1.65	14	23	4	0.33
AT0020_D20150926_T191500	1	15535	18123	2589	59547	80	100	1020-1991	0	8532	23	1505-1510	0.68	0.74	18	20	3	0.19
AT0020_D20150927_T1012308	1	18124	20712	2589	80259	80	100	1155-4042	0	12029	31	1505	0.75	0.62	15	19	3	0.12
AT0020_D20150927_T100227	1	20713	22870	2158	94952	80	100	3204-4113	0	18961	44	1505-1540	0.61	0.24	14	15	3	0.16
AT0021_D20150927_T212430	1	1	2043	2043	61290	80	100	3566-4099	0	14929	30	1500-1515	0.44	0.24	13	14	3	0.13
AT0021_D20150928_T060217	1	1	2589	2589	44013	80	100	1224-2292	0	7313	17	1500-1535	0.64	0.77	16	21	4	0.18
AT0021_D20150928_T111756	1	2590	5178	2589	75081	80	100	1622-2816	0	11156	29	1500-1510	0.47	0.31	12	17	3	0.18
AT0021_D20150928_T191916	1	5179	7767	2589	88026	80	100	2071-2812	0	12168	34	1500-1515	0.43	0.28	15	14	3	0.15
AT0021_D20150929_T040421	1	7768	9742	1975	71100	80	100	2766-3342	0	13938	36	1503-1510	0.40	0.33	12	17	3	0.22
AT0021_D20150929_T115828	1	1	1655	1655	54615	80	100	2416-3343	0	13537	33	1500-1520	0.39	0.32	14	16	3	0.23
AT0021_D20150929_T181458	1	1	2589	2589	62136	80	100	1688-2416	0	9379	24	1505-1520	0.43	0.33	12	17	3	0.18
AT0021_D20150930_T005942	1	2590	3477	888	16872	80	100	1605-1750	0	7660	19	1505	0.50	0.4	12	19	3	0.24
AT0022_D20150930_T025309	1	1	2589	2589	54369	80	100	1743-2136	0	8937	21	1505	0.42	0.36	12	18	3	0.17
AT0022_D20150930_T091853	1	2590	5178	2589	64725	80	100	2081-2229	0	9399	25	1500-1515	0.36	0.32	12	17	3	0.19
AT0022_D20150930_T160427	1	5																

### 1.3 XBT Sippican velocity probes

LAT deg	LAT min	LON deg	LON min	SIP
-22	25,421	166	13,167	Tecta1
-23	22,441	165	35,223	Tecta2
-23	22,594	165	35,086	Tecta3
-23	54,817	165	34,994	Tecta4
-24	26,041	165	45,353	Tecta5
-24	41,402	165	50,511	Tecta6
-26	11,565	166	20,789	Tecta7
-26	37,102	167	41,314	Tecta8
-26	37,081	167	41,517	Tecta9
-26	36,58	167	48,064	Tecta10
-26	34,017	168	21,517	Tecta11
-26	37,235	167	28,316	Tecta12
-26	5,451	167	23,154	Tecta13
-26	8,568	167	10,167	Tecta14
-28	13,79	167	0,984	Tecta15
-27	52,739	167	59,832	Tecta16
-27	26,057	166	23,781	Tecta17
-27	20,6	165	59,605	Tecta18
-27	1,821	164	35,736	Tecta19
-26	59,529	164	25,431	Tecta20
-26	59,481	164	25,216	Tecta21
-27	5,678	163	32,672	Tecta22
-26	20,946	163	58,464	Tecta23
-25	24,166	164	30,33	Tecta24
-25	53,441	164	15,773	Tecta25
-30	7,1	164	57,572	Tecta26
-30	12,211	164	58,32	Tecta27
-30	38,649	165	4,922	Tecta28
-31	53,958	165	19,205	Tecta29
-32	24,066	163	48,212	Tecta30
-31	54,839	165	49,391	Tecta31
-31	41,744	166	34,783	Tecta32
-31	25,424	167	31,396	Tecta33
-31	23,834	167	36,97	Tecta34
-31	14,378	168	9,535	Tecta35
-30	56,787	168	29,145	Tecta36
-30	52,321	167	14,869	Tecta37
-30	48,572	166	13,6	Tecta38
-30	46,939	165	46,682	Tecta39
-30	46,198	165	34,969	Tecta40

**Table 4 – Location of Sippican velocity probes**

## 2 APPENDIX 2 – List of Crew, Scientific and Technical Staff

Table 5 - Crew on the R/V L'Atalante during the TECTA voyage

	NAME	FIRST NAME	FUNCTION
1	Moimeaux	Philippe	Captain
2	Courbe	Aurelien	2 <sup>nd</sup> Officer
3	Cosquer	Gael	Officer
4	Ancellin	Claire	Officer
5	Meral	Jean	Student
6	Thomas	Yves	Chief Engineer
7	Danes	Gwenvael	2 <sup>nd</sup> Engineer
8	Le Guern	Matthieu	Mechanical Officer
9	Laville Saint Mart	Sebastien	Electronics Officer
10	Cadiou	Luc	Electronics Officer
11	Tagatamanogi	Visesio	Chief of deck crew
12	Le Bousse	Fernand	Quarter Master
13	Le Berre	Tony	Chief sailor
14	Jaffry	Paul	Sailor
15	Hemon	Gwenael	Sailor
16	Pasco	Laurent	Sailor
17	Boutet	Herve	Mechanics Master
18	Larsonneur	Herve	Electronics Master
19	Levaire	Julien	Technician
20	Charlemein	Pierre	1 <sup>st</sup> Kitchen Chef
21	Satre	Dominique	2 <sup>nd</sup> Kitchen Chef
22	Fourcade	Gwendal	Kitchen Assistant
23	Agneray	Didier	1 <sup>st</sup> Purser
24	Godefroy	Noric	2 <sup>nd</sup> Purser

**Table 6 - Scientific and Technical Staff on board R/V L'Atalante during the TECTA Voyage**

	NAME	FIRST NAME	FUNCTION	INSTITUTION
1	Barker	Daniel	Geophysicist	GNS
2	Bordenave	Aurelien	PhD Student	ADECAL, New Caledonia
3	Ceyrac	Laura	Junior Pam Operator	ULR Valor
4	Collot	Julien	Chief Scientist	SGNC, New Caledonia
5	Etienne	Samuel	Geologist	SGNC, New Caledonia
6	Freschet	Elsa	MM Observer	ULR Valor
7	Juan	Caroline	Geophysicist	SGNC, New Caledonia
8	Luepak	Wala Henri	MM Observer	ULR Valor
9	Marcaillou	Boris	Geophysicist	IRD
10	Patriat	Martin	Geologist	Ifremer/ SGNC, New Caledonia
11	Peltier	Hélène	Senior MM Observer	ULR Valor
12	Roest	Walter	Co-Chief Scientist	Ifremer
13	Roussel	Clement	PhD Student	Ifremer
14	Schnurle	Philippe	Geophysicist	Ifremer
15	Stratford	Wanda	Geophysicist	GNS
16	Sutherland	Marc Rupert	Co-Chief Scientist	GNS / University of Wellington
17	Williams	Simon	Plate modeller	University of Sydney
18	Wittich	Anja	Senior PAM Operator	ULR Valor
19	Wolf	Silvie	Numerical Modeller	UPMC, Paris IV University

**Table 7 - GENAVIR sedentary Staff on board R/V L'Atalante during the TECTA Voyage**

	NAME	FIRST NAME	FUNCTION
01	Apprioual	David	Airgun operation and maintenance
02	Boutbien	Michel	Multi-beam Echo Sounder data processing
03	Kergoat	Yohann	Acquisition Control
04	Le Doze	Philippe	Airgun operation and maintenance
05	Lemeur	Pierre	Acquisition Control / Electronics
06	Le Philippe	Jean Luc	Airgun operation and maintenance
07	Louzaouen	Serge	Head Seismic Streamer Supervision
08	Nedelec	Erwan	Head Airgun operation and maintenance
09	Quinquis	Renaud	Acquisition Control
10	Saint Laurent	Xavier	Acquisition Control
11	Vultaggio	Gerard	Airgun operation and maintenance

### 3 APPENDIX 3 – Scientific Equipment and Processing

#### 3.1 R/V L'Atalante

##### 3.1.1 General information

Table 8 - General information related to the Research Vessel L'Atalante of Ifremer

Name	L'Atalante
Flag	French
Owner	IFREMER
Operator	GENAVIR
Length	84,60 m
Width	15,85 m
Draught	5,1 m
Maximum Charge	3 550 t
Brute Tonnage	3 559 UMS
Propulsion	diesel - electric
Average speed during data acquisition	9 knots
Average speed during transit	11 knots
Radio Identifier	FNCM
Communication details	GSM: 33.6.82.81.38.16 (Bridge) - 06.82.81.37.89 (Captain) - Fax: 33.6.29.36.97.41
	Inmarsat: Tel: 00.870.773.160.305 ou 00.870.3.227.222.52 (auto) Fax:
	00.870.783.180.644 (Bridge) ou 00.870.3.227.222.60
	Vsat : Tel : 33.2.29.00.85.70 / Fax : 33.2.29.00.85.71
	Telex: Inmarsat C1: 058x.4.227.222.14 - Inmarsat C2: 058x.3.227.222.15 (Atlantic East: 0581; Atlantic West: 0584; Pacific: 0582; Indian Ocean: 0583)
	Email : AT.Commandant@atalante.ifremer.fr
	Email Telex C1 : AtalanteC1@skyfile-c.com
	Email Telex C2 : AtalanteC2@skyfile-c.com
Name of the Captain	Philippe Moimeaux
Maximum number of Crew Members	30
Maximum number of scientists	29



**Figure 2 - Research Vessel L'Atalante of Ifremer**

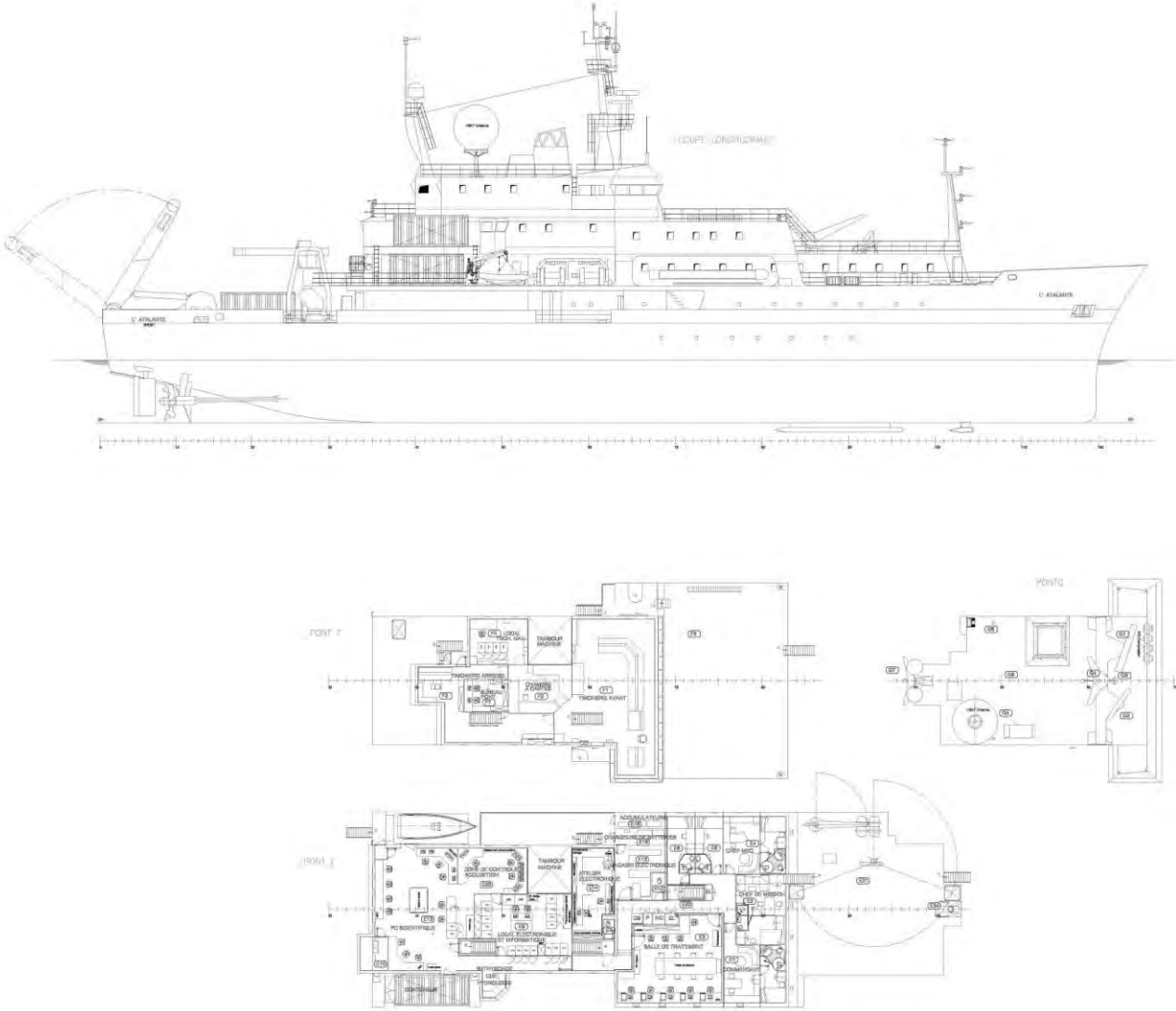


**Figure 3 - Research Vessel L'Atalante of Ifremer**



**Figure 4 - Data acquisition laboratory on board of the R/V L'Atalante**

**General layout of the R/V L'Atalante**




**Figure 5 - Layout of Deck E (Scientific and Acquisition Laboratories) and Deck F (Bridge)**







### 3.1.2 Additional Information

	<p>Management group for Research Vessels</p>
---	--


Source: <http://www.genavir.fr/fiche.php?id=7&moyen=navire>

The L'atalante is an oceanographic vessel for multidisciplinary research. She was commissioned in octobre 1990. L'Atalante is equipped with state of the art instrumentation, and dedicated mainly to Marine Geosciences, Physical Oceanography and Marine Biology.

 Science Laboratories	
	<p>Laboratories</p> <p>8 Science laboratories with a total space of about 130 m<sup>2</sup>, including wet labs, deck workshop, clean labs, multipurpose labs, refrigerated labs and a lab for electronic measurements;</p>
	<p>Scientific Control Post</p> <p>60 m<sup>2</sup></p>
	<p>Multipurpose Room</p> <p>26 m<sup>2</sup></p>
	<p>Meeting Room</p> <p>23 m<sup>2</sup></p>
	<p>Other</p> <p>Space for the equivalent of 8 20 foot containers</p>

 Computer systems	
	<p>Computers are used everywhere :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Overall control of the Vessel : energy management, central alarm system, commandment of winches and A-frame ;</li> <li>- For scientific applications : central integrated navigation system, central acquisition and data processing in real time and/or delayed.</li> </ul>
	<p>All computer and internal video networks are accessible from all spaces in the Vessel, including from the cabins.</p> <p>On board processing systems allow the scientist to produce maps and documents as the acquisition advances. The science teams can also bring their own</p>

		processing system on board for the duration of the cruise.
--	--	--

	On deck equipment	
	Large A Frame on rear deck	
	Side Frame for Coring	
	Oceanographic Winch CMU	15 ton capacity, can be used with the A Frame or with the side Frame for Coring. This winch is equipped with an electric cable $\varnothing$ 19 mm - 8000 m and a steel cable $\varnothing$ 19 mm - 8000 m
	Articulated side door	Equipped with a hydrological winch and a winch for CTD deployment.
	3 holes for the deployment of scientific equipment	( $\varnothing$ 300 mm)
	Telescopic Crane on the rear deck	CMU 10 t at 10 m

## 3.2 EM122 Multi-beam Echo sounder, L'Atalante

### 3.2.1 General Architecture

Source: GENAVIR Fiche DINES V4.0 – 17 juin 2010

The Atalante is equipped with an EM122 multi-beam echo sounder produced by Kongsberg. This echo sounder operates at a frequency of 12 kHz and provides measured bathymetry (depth) and acoustic imaging (reflectivity) for depths between 100 and 10000 m.

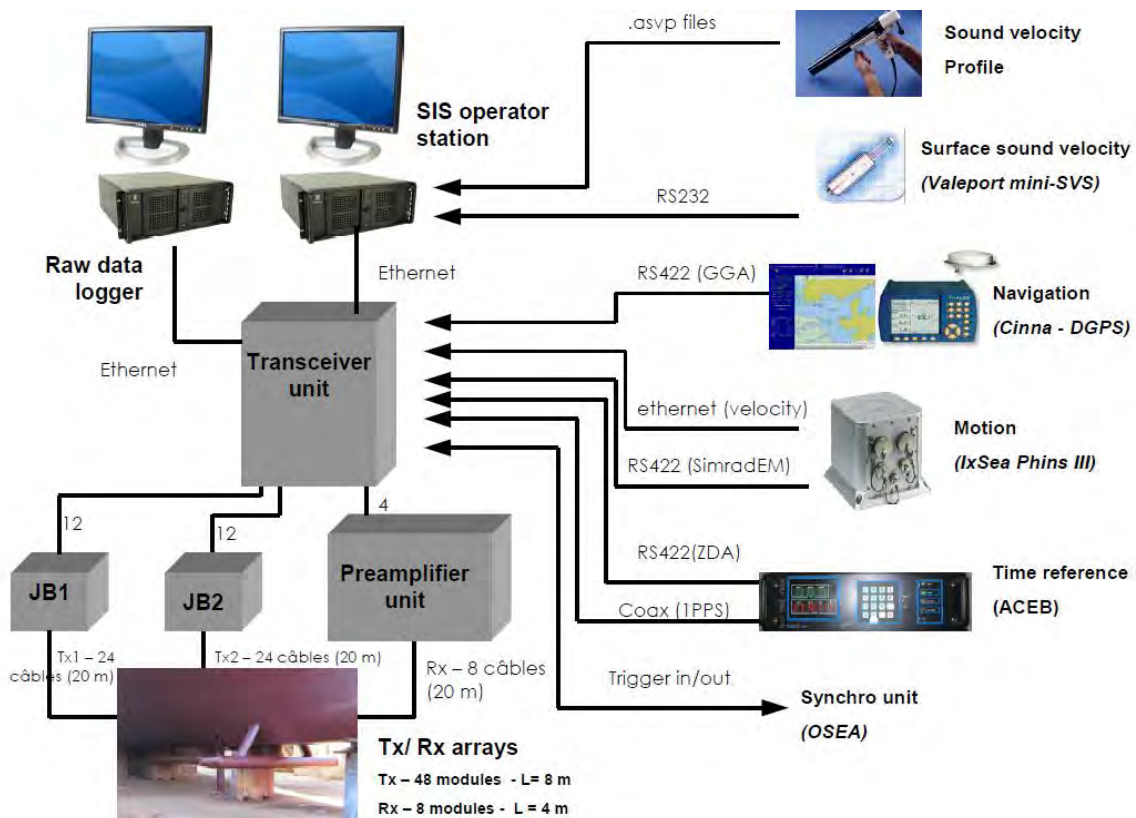


Figure 7 - General overview of the EM122 multi-beam echo sounder system

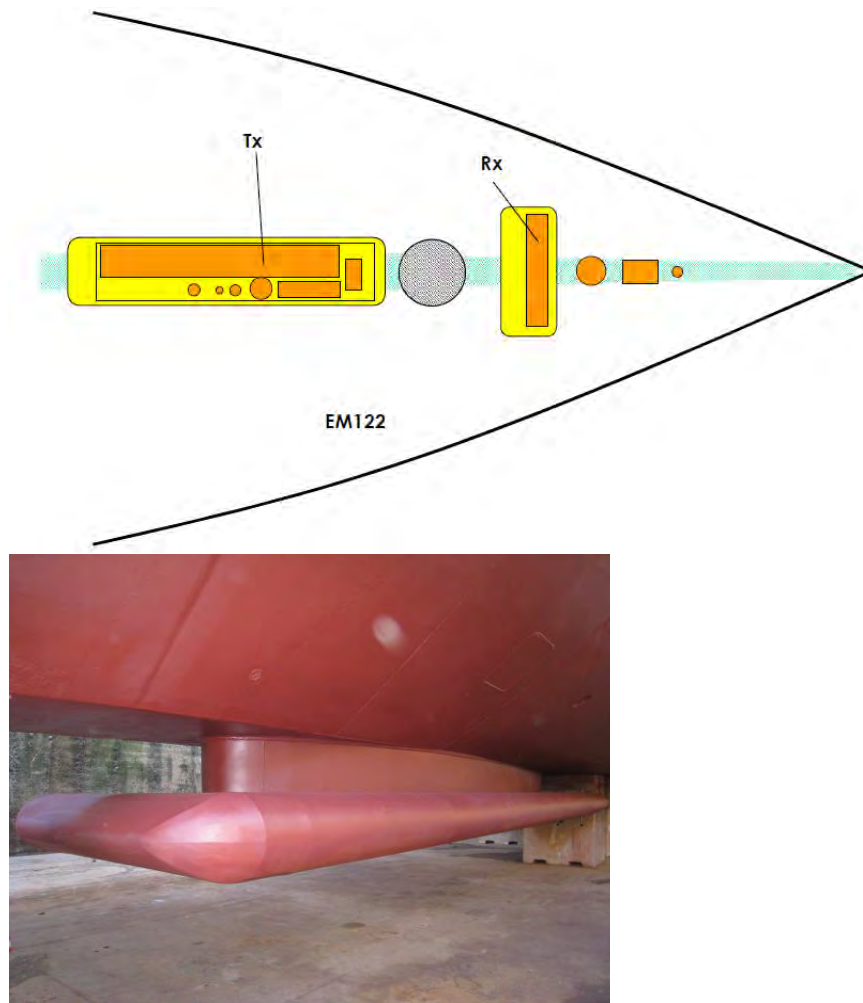
The EM122 multi-beam echo sounder system of the R/V L'Atalante includes:

Transducers installed under the hull:

- a transmission antenna (Tx) with a length of 8 m, installed lengthwise in the gondola,
- a receiver antenna (Rx) with a length of 4 m, installed transversely, in the wing

Electronics (located at the local sounder):

- PU box (preamp unit)
- TRU box (transceiver unit): transmit / receive electronics
- two junction boxes: redistribution of cables of the transmitting antenna



**Figure 8 - Top: Antenna configuration of the EM 122. Bottom: Photo of the gondola mounted on the hull of the Atalante (EM122 Tx)**

The TRU receives data from auxiliary sensors:

- Inertial PHINS (roll, pitch, heave, heading, vertical and horizontal speed)
- CINNA central navigation (Navigation)
- clock ACEB (time onboard)

The system is operated with two PCs (located in Scientific PC):

- a PC with data acquisition software hydrophones (raw data logger)
- a PC with Sonar control software and acquisition bathy / imaging data (SIS)

The PC receives data from the hull mounted sound velocity sensor Valeport (measuring sound velocity in the vicinity of the antennas). It is connected to the scientific network of the R/V L'Atalante in order to allow for:

- File transfer (sound velocity data, to be archived by SISMER)
- Acquisition, via the TECHSAS software, of the surface sound velocity as measured by the thermosalinometer SBE21 (surface sound velocity),
- Distribution in real-time of the data to the SMF-TECHSAS datalogger.

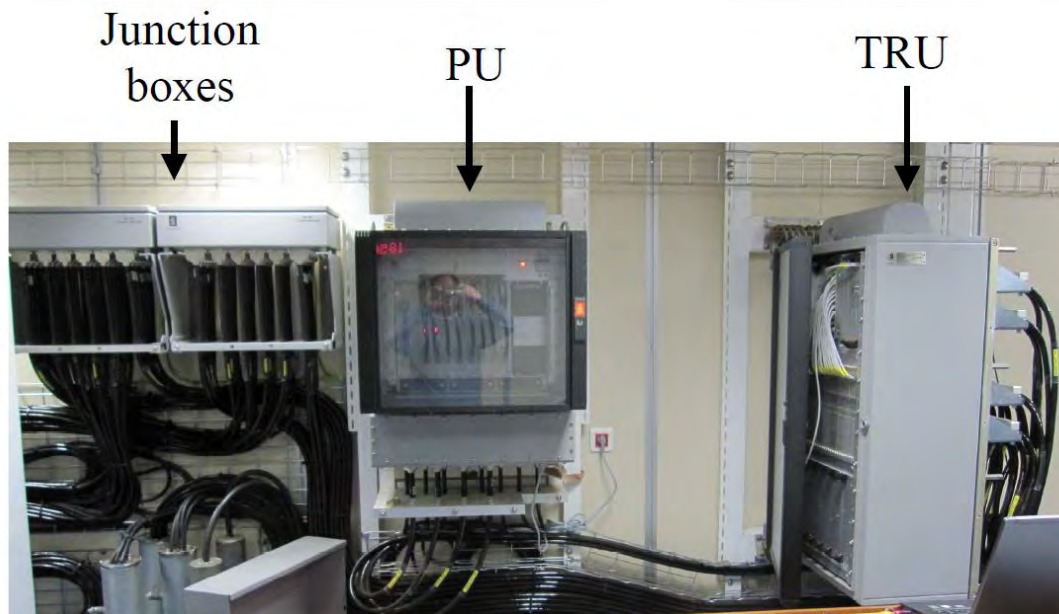


Figure 9 - L'Atalante's echo sounder room, which hosts the electronics of the EM122 system

### 3.2.2 Main technical specifications

Table 9 - Main technical specifications of the EM-122 multi-beam echo sounder system on the L'Atalante

Measures	Bathymetry / Acoustic Backscatter Imaging
Frequency	12 kHz (10.5 to 13 kHz)
Signals	CW / FM
Emission Level	max 241 dB re 1 mPa @1 m
Pulse Duration	2 / 3 / 5 / 8 / 15 ms (CW) 25 / 40 / 60 / 100 ms (FM)
Transmitting Beams	1° x 150° Emission by transversal sectors (8 max) Possibility to emit two swaths, towards the front and the rear (dual swath mode); Compensation of roll, pitch, yaw
Maximum Transmission Rate	5 Hz
Reception	Sampling rate: 9090 Hz Dynamic : 140 dB
Reception Beams	2° x 32° Formation of beams: in time domain with dynamic focusing; Compensation for roll
Number of Beams	288
Beam Distribution	Equidistant or constant angle
Bathymetric soundings	288 soundings, or 432 in high density mode
Backscatter Imagery	1 Backscatter reflectivity value for each signal sample, within each beam

### 3.2.3 Operating Principles

The operating principle of the EM122 multi-beam echo sounder is based on the technique of crossing emission and receiving beams:

One emission beam (actually composed of several sectors):  $1^\circ \times 150^\circ$   
288 receiver beams ( $2^\circ \times 32^\circ$ ).

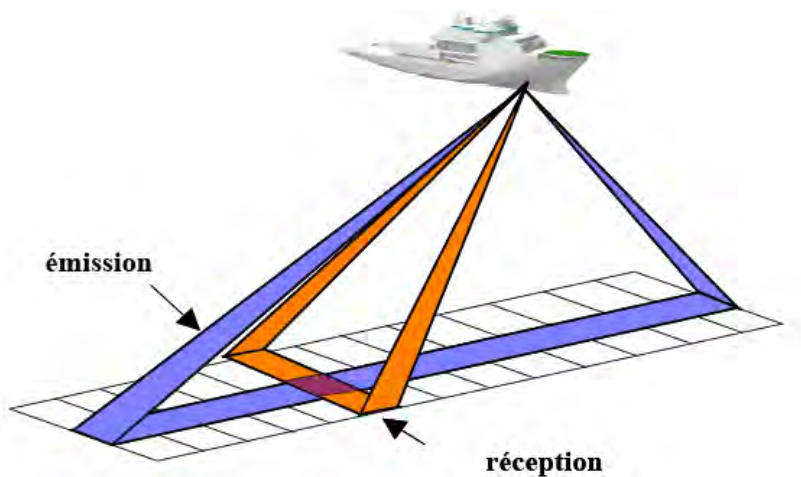


Figure 10 - Principle of crossing beams

Five operating modes are available for the EM122, as a function of the depth: shallow / medium / deep / deep ' / very deep. The change from one mode to another is done either automatically (auto mode) or manually by the operator.

#### 3.2.3.1 Emission

The signal emission is performed according to sectors, which have different frequencies and are distributed perpendicularly the ship's route. Each sector is positioned along the route of the ship in order to compensate for pitch and yaw of the vessel and to obtain a swath approximately perpendicular to the ship's route.

The number of sectors (8 max) varies depending on the mode in which the echo sounder is operated. The beams of near field sectors are focused.



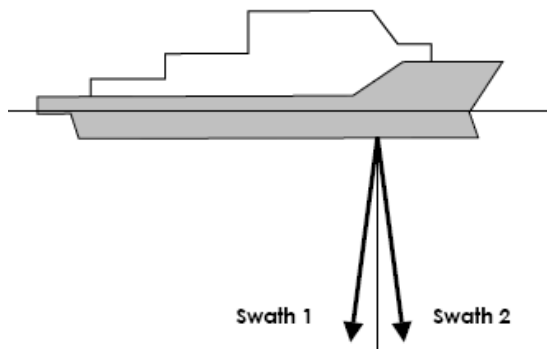
Figure 11 - Emission areas: compensation for pitch and yaw



In addition, at each emission cycle, the echo sounder emits two successive pings, the first one pointed to the stern and the second one to the bow of the vessel (dual function swath, see Figure 12).

The angle between the two beams is either:

- Fixed ( $-0.5^\circ / +0.5^\circ$ ), or
- Is defined as a function of the speed of the ship (dynamic mode): the deflection is then determined so as to have a uniform distribution of the beams on the seafloor below the vessel.



**Figure 12 – The principle of dual swath operation using two different emissions**

Two types of signals are emitted:

- Monochromatic pulses (CW). Their length varies between 2 and 15 ms, depending on the echo sounder operating mode and the selected emission sectors
- Frequency modulated signal (FM). The bandwidth is 100 Hz. The length varies between 25 and 100 ms, depending on the operating mode of the echo sounder and the emission sectors used.

### 3.2.3.2 Reception

The analog signals of the reception channels are digitized at a rate of 2 MHz. The signals are then filtered. 288 beams are formed. The delay applied takes into account the sound velocity as measured in the area (using XBTs or CTDs). The beams are formed over a maximum angular aperture of  $150^\circ$ . The operator can limit this opening, while maintaining the same number of beams, by setting the angle range or minimum and maximum lateral distances. Several beam distribution patterns are available:

- Equidistant: the 288-foot beams are distributed equidistantly on the seafloor
- Equiangular: the 288 beams are formed at a constant angular interval
- High density: 432 sensors distributed equidistantly are produced from 288 beams formed. For the side beams (phase detection), there are several detections per beam (by separating the phase ramp in several sections); For the near vertical beams (amplitude detection) the beam width is narrowed.

### 3.2.4 Bathymetry



For each beam (whose angle of incidence is known), the detection of the seafloor bathymetry is to determine using the travel time from the antenna to the bottom and back. Near vertical beams are detected by amplitude (detection of the center of the amplitude peak that corresponds to the backscatter of the signal on the seafloor).

At each of the bathymetry soundings (288 or 432 depending on the mode), the echo sounder processes the raw data (incidence, range) to obtain the depth of the sounding and the lateral and transverse distances, taking into account:

- The sound velocity profile (refraction in the water column)
- The attitude data (roll, pitch and heave at the moment of transmission and reception)

### **3.2.5 Backscatter imaging**

The EM122 echo sounder produces a calibrated reflectivity value (BS) calculated from the amplitude of the signal.

The back-scatter calculation takes into account the following parameters:

- The level of emission
- Directivity diagrams of the antennas (transmit / receive)
- The area being insonified

A reflectivity value is produced for each signal sample, within the detection window of each beam.

### **3.3 Multi-channel Seismics**

#### **3.3.1 Introduction**

##### **3.3.1.1 General description**

The multi-channel seismic system of Ifremer (SMT) is an equipment aimed at determining the geometry, the structure and the configuration of the different geological layers of the subsurface below the seafloor. Generally, this system is dedicated to work in the deep ocean at water depths of several kilometers.

The system is a mobile system that can be employed on different vessels of the French national oceanographic fleet. In particular, the system has been used on the *R/V L'Atalante* and the *R/V Pourquoi pas ?* of Ifremer, and the *R/V Marion Dufresne II* of the French Polar Institute, IPEV. The system is entirely containerized and comprises of 14 containers of 20 feet long and two 10 feet long containers. The total weight is around 150 T.

The SMT system comprises :

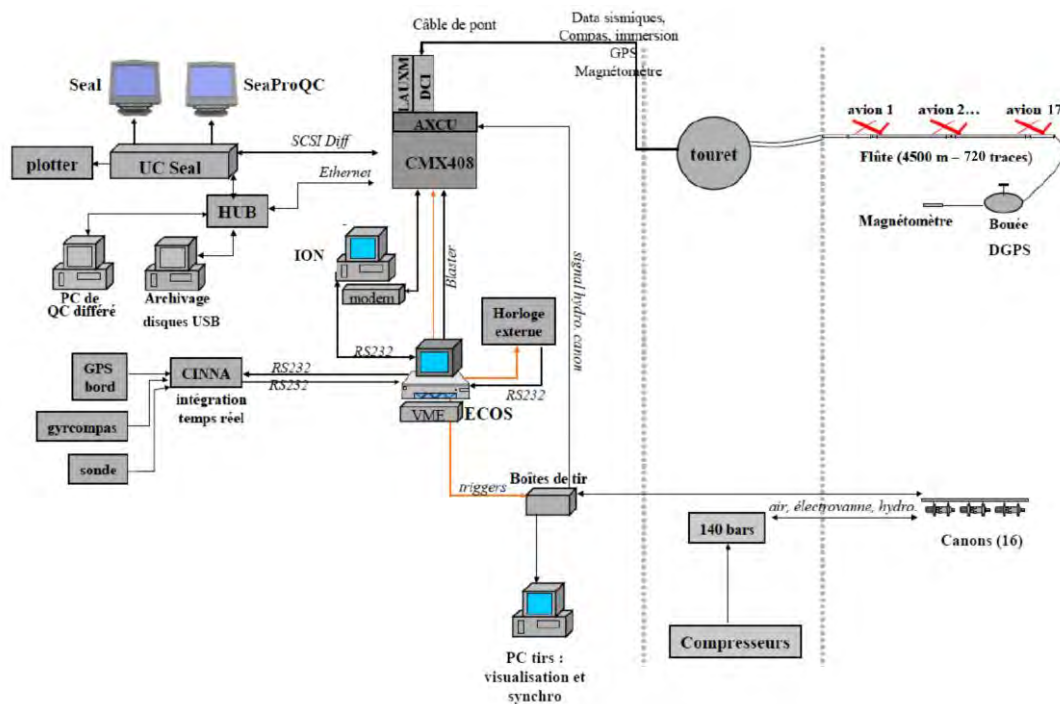
- A seismic source, constituted of an array of air guns
- A digital streamer of 4.5 km long, with 720 channels. Each trace is constituted of 4 hydrophones that are connected in parallel.
- A digital acquisition system, Sercel Seal 428

### 3.3.1.2 Technical Specifications

**Table 10 - Main technical specifications of the multi-channel seismic reflection system on the L'Atalante**

Emission	Air Guns of the types GI , Ggun et Bolt (Standard configuration = 16 + 2 spares) Total Volume: 3000 in3 / 20 s, 8100 in3 / 60 s Frequency = 5 to 80 Hz Duration of pulse = 10 ms Emission level = 252 dB re 1μPa @ 1 m
streamer	Technology : Sercel SSRD Length of active section = 4500 m Number of channels = 720 traces Channel length = 6,25 m Stabilization of immersion : 17 birds ION Instrumented tail buoy : DGPS, towed magnetometer
Software	Acquisition : Seal 428 (Sercel) Real time quality control : E-Sqcpro (Sercel) Control and steering of birds : ION Navigation Emission control : Ecos (Genavir) Deferred quality control : SolidCheck, SolidQC (Ifremer) Seismic processing : Geocluster 5000 (CGG Veritas)

### 3.3.1.3 General Architecture



**Figure 13 - General architecture of the Multi Channel Seismic System of Ifremer**

### **3.3.1.4 Implementation on board R/V L'Atalante**

- Time needed for installation: 5 days
- Time needed to dismantle: 3 days
- Duration of launching: 6 hours
  
- Operating speed = 5 knots
- Maximum turning rate for the ship = 3 degrees per minute
- Weather conditions: sea state less than 4 or 5 (depending on the vessel)
- Immersion of the air-guns: 10-30 m
- Minimum depth (below the streamer - including during turns) = 100 m

Ten staff members of Genavir are needed to operate the SMT system, i.e. five mechanical and five electronics engineers.

A towed PAM (Passive Acoustic Monitoring System) system, dedicated to the detection of marine mammals can be deployed together with the multi-channel seismic system. It consists of a 200 m long cable, comprising four hydrophones towed along the streamer cable. The equipment covers frequencies from 200 Hz to 200 kHz.

The number of qualified marine mammal observers and PAM operators varies according to the legislation in the area of the survey, and usually includes at least 3 MMO and 2 PAM operators.

Depending on the mitigation measures adopted to reduce the impact of the seismic system on marine mammals, the start of air gun operations can only be done during day-light, after a period of observation by qualified marine mammal observers (pre-watch), generally of up to 30 minutes without marine mammals in the exclusion zone.

### **3.3.2 The seismic source system**

The seismic source system consists of a set of compressors, seismic sources, power devices and the equipment necessary to handle the instrumentation and deploy it at sea.

#### **3.3.2.1 Compressors**

The compressors are used to generate compressed air (140 bar) used for the air-guns.

Two types of compressors are available for the production of a nominal air 1200 m<sup>3</sup> / h (aid: 2 x 300 m<sup>3</sup> / h)

- Hamworthy 660m<sup>3</sup> / hr (x1)
- Hamworthy 300 m<sup>3</sup> / hr (x2)



Figure 14 - Hamworthy 660 (660 m<sup>3</sup> / h) and Hamworthy 300 (300 m<sup>3</sup> / h)

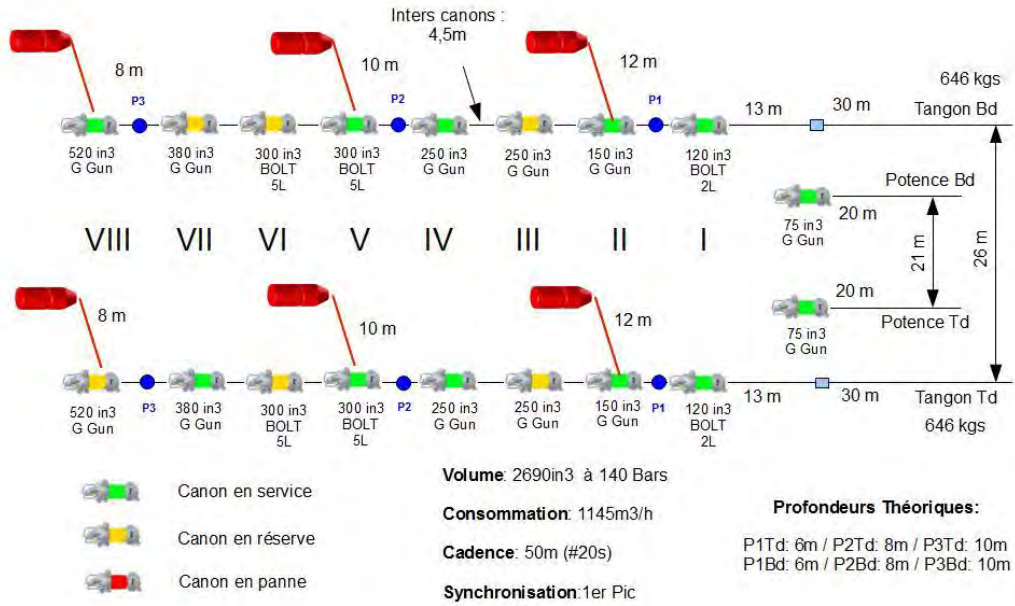
Table 11 - Characteristics of the compressors used for the multi-channel seismic system of Ifremer

	HAM 660	HAM 300
Water supply	36 m <sup>3</sup> / h (7 bar)	13 m <sup>3</sup> / h (7 bar)
Power supply in operation	380 V / 410 A	380 V / 150 A
Electric power	230 kilowatts	98 kilowatts

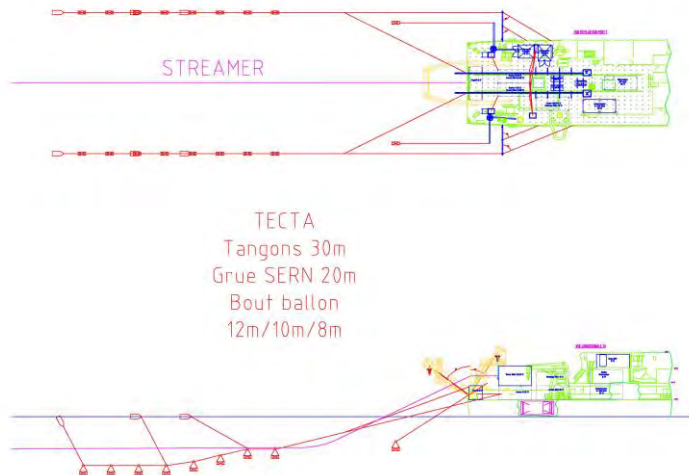
### 3.3.2.2 Sources

Different air gun array configurations can be used during the voyage. The nominal configuration during TECTA includes 12 air guns (with 6 additional guns in spare). The array includes GI, G-Gun and Bolt air-guns. The air-guns were towed in between 6 and 10 m below the sea surface.

**Mission TECTA  
N/O L'ATALANTE  
SMT 2690in3 50m #20s**



**Figure 15 – TECTA nominal source, 2690 cu air gun array**



**Figure 16 – 2D view of seismic source**



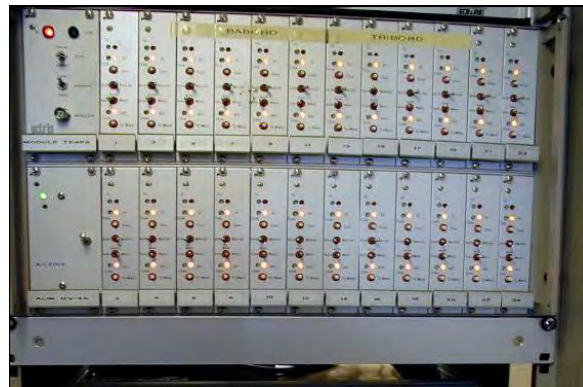
**Figure 17 - GI Air gun**

### **3.3.2.3 Shot control**

A shot triggering system (ACTRIS) controls the solenoid valves of the guns. The shot triggers are generated by ECOS (Genavir). The firing frequency is defined either:

- as a function of time (fixed rate), or
- as a function of the distance (based on the navigation).

A dedicated PC is used to monitor and adjust the timing of the emission of individual guns, as required to synchronize them.



**Figure 18 - shooting control rack ACTRIS**



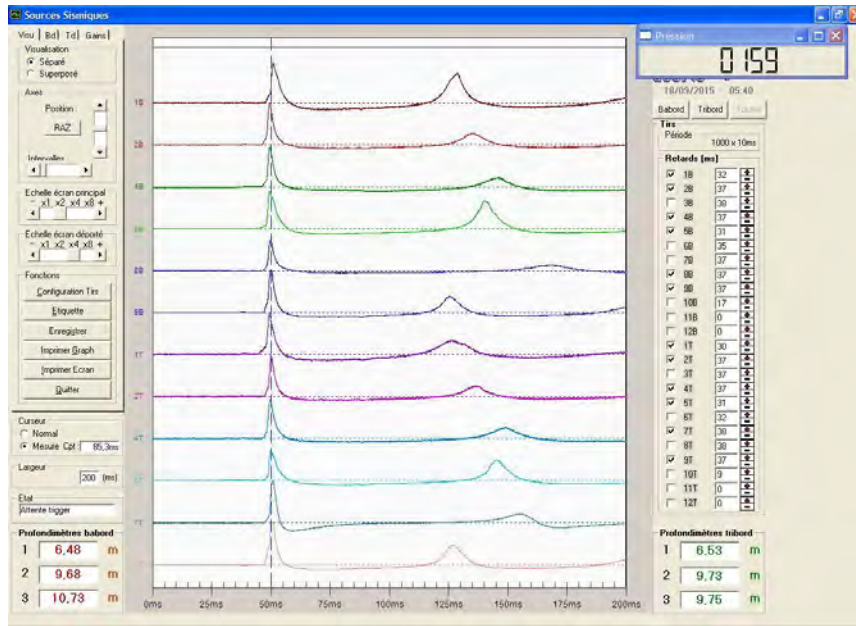


Figure 19 - Air gun monitoring system display

### 3.3.3 Seismic streamer

#### 3.3.3.1 Composition of the streamer

The seismic signals emitted by the air-gun array are recorded with the streamer. The streamer consists of 720 active traces, each 6.25 m long. Towed by an electric cable, from the two reels which also serve as storage when the streamer is on-board, the streamer consists of a long tube of 55 mm diameter and a length of 4800 meters. It is formed of sections which are mechanically connected to one another. There are different types of sections, each having a predominantly mechanical or electrical role.

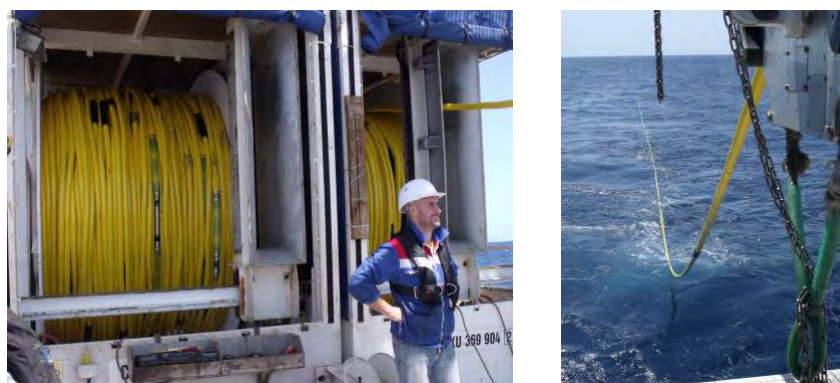


Figure 20 – Left: The Sercel Streamer of the R/V L'Atalante, is stored on two reels, each of which is inside a container. Right: Deployment of the streamer.

- The lead-in cable - length 300 meters. This part assures the tensile mechanical recovery related to the motion of the vessel. It carries the fiber optic data, the power supply voltage for the streamer and the auxiliary instruction information and data (tail buoy, birds). This section has an outer diameter of 33 mm.
- Short Head Section (SHS): length 6 meters
- RVIM: Ensuring the mechanical decoupling between the ship and the active portion of the streamer, with a length of 17,5 m.
- Short Head Section (SHS): length 6 meters
- Head Auxiliary Unit (HAU): This unit allows to measure the tensile force exerted on the streamer (approximately one ton).
- Head Elastic Section Adaptor (HESA): length 10 meters, with two hydrophones forming the first break



**Figure 21 - Streamer towed behind the R/V L'Atalante. Also visible, attached to the main electric cable of the streamer, is the auxiliary cable used for the Passive Acoustic Monitoring System (PAM), employed for the detection of marine mammals.**

After these sections, follow the active parts of the streamer, which has 30 SSRD (Sentinel Section Reduced Diameter). Each SSRD is 150 meters and contains 24 traces of 6,25 m. Each track includes 4 hydrophones. Hydrophone sensitivity: 17.5V / bar

Maximum immersion depth of the streamer is 200 meters, after which there will be loss of the acoustic signal. The streamer destruction depth is 300 meters.

All SSRD are equipped with a coil for communications with the immersion control system which consists of 17 birds.

The balancing of the streamer is carried by modulating the number of "*ballast sleeves*" each of which weighs 1,3 kg in air, or 0,92 kg in the water, along each SSRD. Each SSRD has eleven slots that can receive a *ballast sleeves*. Plastic collars are mounted at locations which do not need a *ballast sleeves*. Balancing is defined before the campaign, according to the hydrology of the study area.

Each SSRD contains 6 analogue-to digital converters, FDU (Field Digitizing Unit), each of which converts 2 channels.

Lead in = 300m (120 m in water)  
 SHS (Short Head Section) = 6m  
 RVIM (radial stretch 17.5m)  
 SHS (Short Head Section) = 6m  
 HESA(Head Elastic Section Extension) = 10m  
 SSRD (Solid Streamer Reduced Diameter) = 150m  
 (24 traces de 6,25m avec 4 hydrophones)

HAU (Head auxiliary Unit) = 33 cm  
 LAUM (Line Acquisition Unit Marine) = 26 cm  
 TAPU (Tail/Auxiliary and Power Unit) = 33 cm  
 TES (Tail Elastic Section) = 50 m  
 STIC (Streamer to Tail Elastic Section) = 25m  
 Bout de traction = 18m

# Streamer

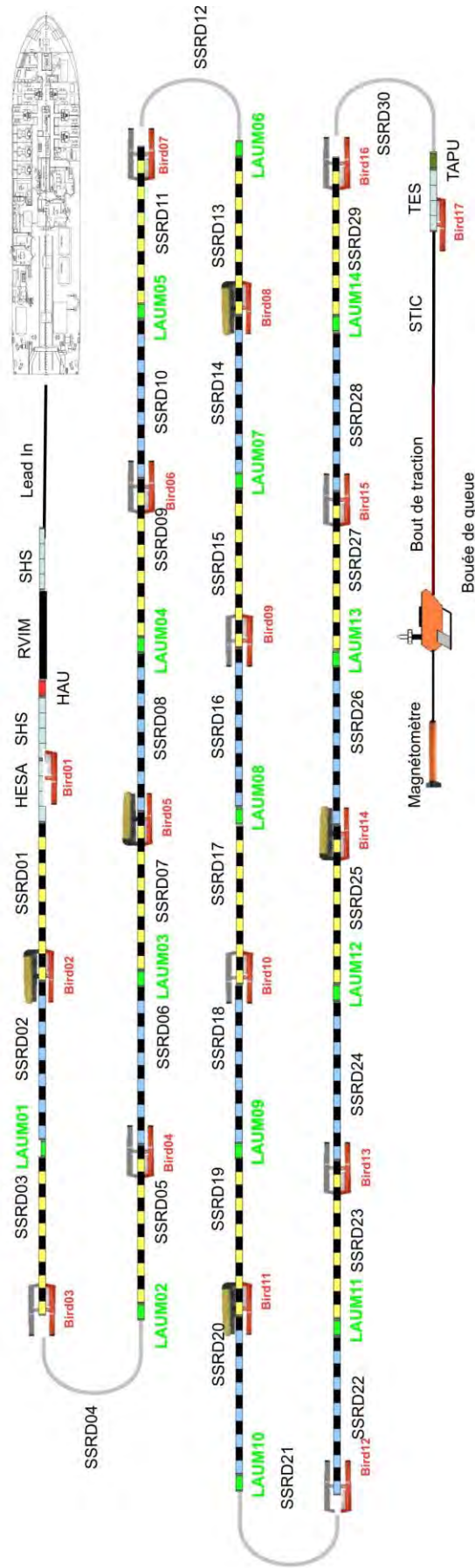


Figure 22 - Streamer configuration

The LAUM (Line Acquisition Marine Unit) powers the FDUs and processes the output data from the FDUs. It also controls the data flux from one LAUM to the next, along the streamer. There is one LAUM every 2 SSRD, for a total of 14.

The TAPU (Tail Auxiliary Power Unit) is located at the end of the active section. It powers the tail buoy.

### 3.3.3.2 Tail buoy

Towed by the streamer, it allows positioning the tail of the streamer. An underwater generator, located under the buoy, provides it with electrical power of 60 watts at a speed of 5 knots.

The position of the tail buoy can be determined using a passive radar reflector. It also carries a flashing light, a radar transponder and a fixed white light (indicating towed vehicle). It is equipped with a DGPS receiver (Ashtech DG14). The differential corrections are transmitted via VHF from the ship.

The tail buoy also tows a SeaSPY magnetometer located at a distance of 50 m behind the buoy. The electronics in the tail buoy allow mixing of the magnetometer and GPS data for transmission. The data transmission to the acquisition laboratory is done by air (VHF) and by wire through the streamer.



Figure 23 - Tail buoy towed at the end of the streamer

### 3.3.3.3 Depth control of streamer

The depth of the streamer is controlled using 17 ION birds. The birds are positioned every 300 meters along the streamer. They are attached by clips that allow easy mounting and removal.

A bird must have neutral buoyancy. To compensate for its weight, floatability is added to each bird. There are two types of floats: passive and active. The active float has an airbag



which inflates automatically when it reaches a depth of 50 meters. 5 stabilizers distributed along the streamer are equipped with active retriever type floats. Their inflation allows, if necessary, to bring the streamer to the surface (rupture of a streamer element, blackout at the vessel...).

The steering of the birds and the acquisition of data is ensured by the control software installed on an ION PC located in the acquisition laboratory.



Figure 24 - Birds (retriever / passive)

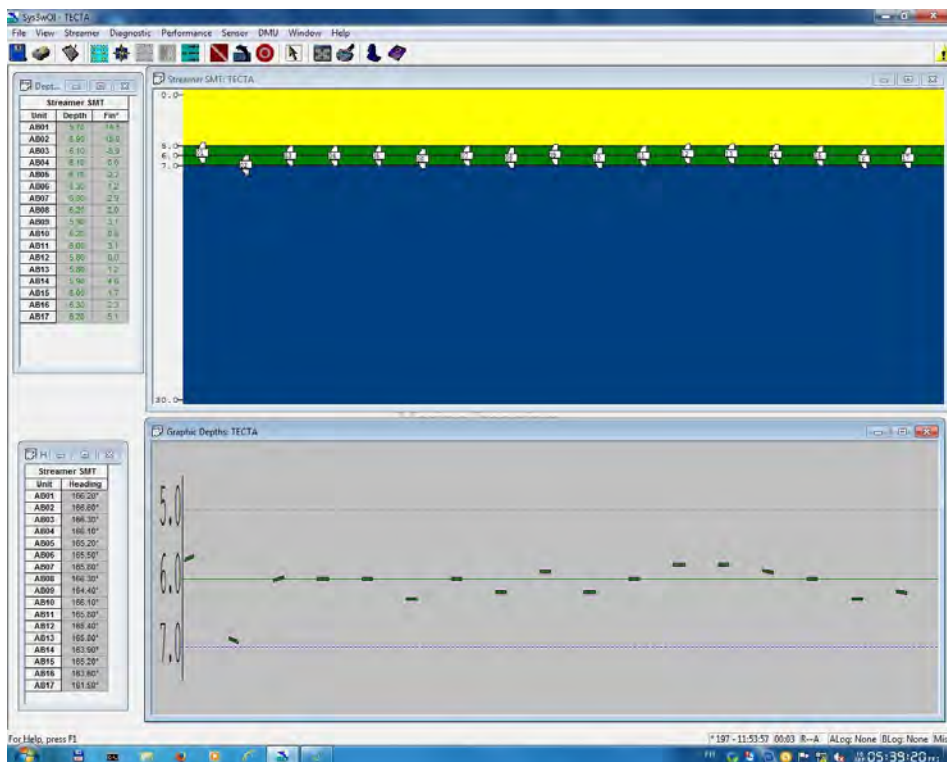


Figure 25 - Control screen allowing to inspect and control the depth of the ION Birds

### 3.3.4 Acquisition and Data Management

### 3.3.4.1 Seismic data

The SMT electronics is installed in the SMT container laboratory and consists of the following principal elements:

- CSXU 428: electric power for the streamer (365VDV - 400 W) and interfaces between the deck cable and the SEAL acquisition system.
- Seal LCI 428 Rack: Streamer data acquisition streamers – de-multiplexes the data, identifies the individual channels and formats them in IEEE 32-bit float format

The control of data acquisition is performed by:

- The SEAL software installed on a Linux PC
- The E-SQCPRO software (quality control), installed on a Linux PC.

These two systems are located in the SMT acquisition laboratory container.

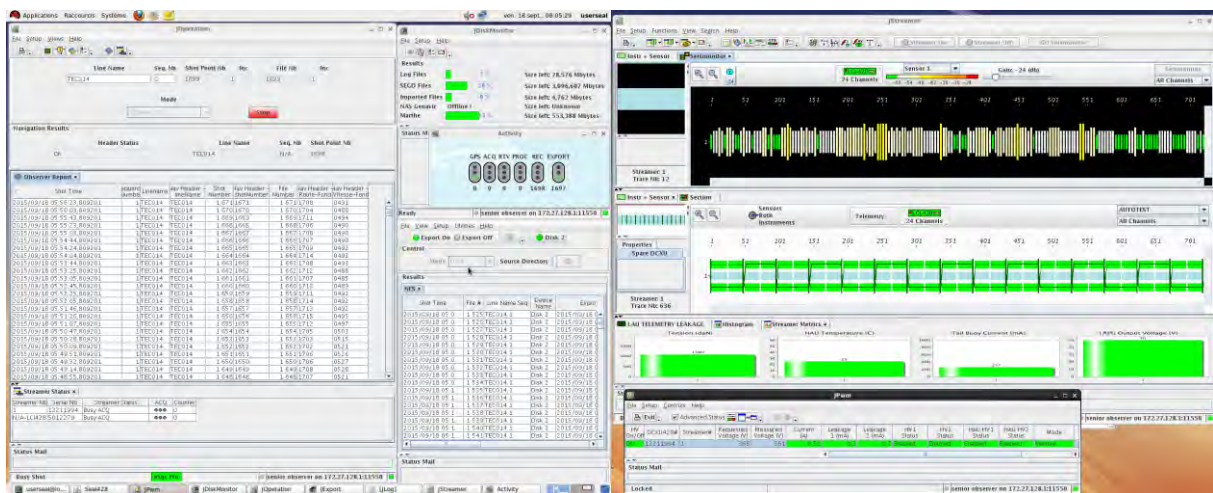


Figure 26 - Display of the Seal 428 data acquisition control software

The data are recorded in SEG-D rev2.1 format. They are backed-up on USB hard drives.

Table 12 - Data volume estimates for seismic reflection and refraction acquisition

	reflection	refraction
Shot interval	20 s	60 s
Shot distance	50 m	150 m
Sampling rate	2 ms	4 ms
Record Length	18 sec	30 sec
Volume / 1 shot	13.4 MB	11.6 MB
Volume / 24 hours	57.8 GB	16.1 GB

### 3.3.4.2 Positioning of the streamer

Navigation data related to the seismic system are:

- Vessel positioning (Cinna)
- Immersion and course of wings (ION)
- Position of the tail buoy (DGPS)

These data are acquired by ECOS (Genavir) which positions each shot and transfers the data to the Seal system that integrates them in the SEG-D files. ECOS also controls the rate of firing either based on time or on distance (see section 2.3). Synchronization is ensured through a Meinberg GPS clock.

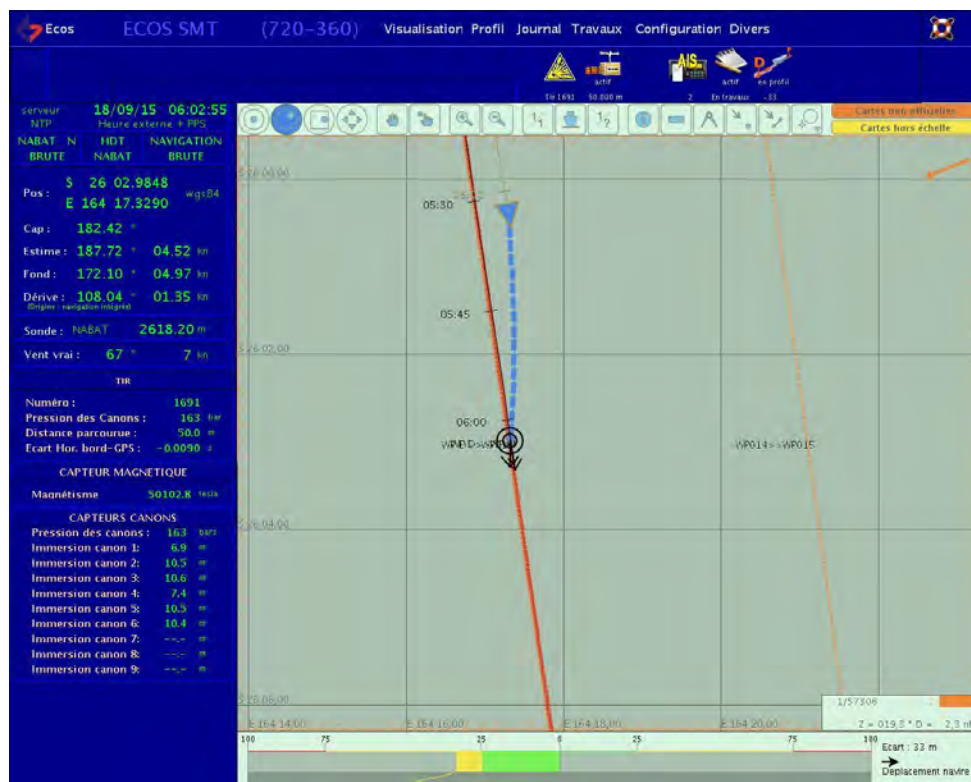


Figure 27 – Visualization of the navigation of the vessel and the streamer, using the Genavir Ecos System

### 3.3.4.3 Magnetometer Data

The towed magnetometer data are mixed with the GPS data of the buoy and transmitted to the ship via a free paired wire of streamer. Ecos acquires these data and exports them to the data-logger on board the vessel (Techsas), where they are archived every 3 seconds.



### 3.3.5 Data Processing

#### 3.3.5.1 Solid-QC pre-processing



Figure 28 - The main input window for survey design information in QC-Solid. Streamer geometry is entered in the top left panel. The bottom left panel shows the distance along the streamer of the birds. The top right panel shows the x and y offsets from the centre of the array to each of the gun arrays, starboard and port sides. The boat GPS and navigation system offset, and the first and last trace offsets are shown in the bottom two right panels respectively.

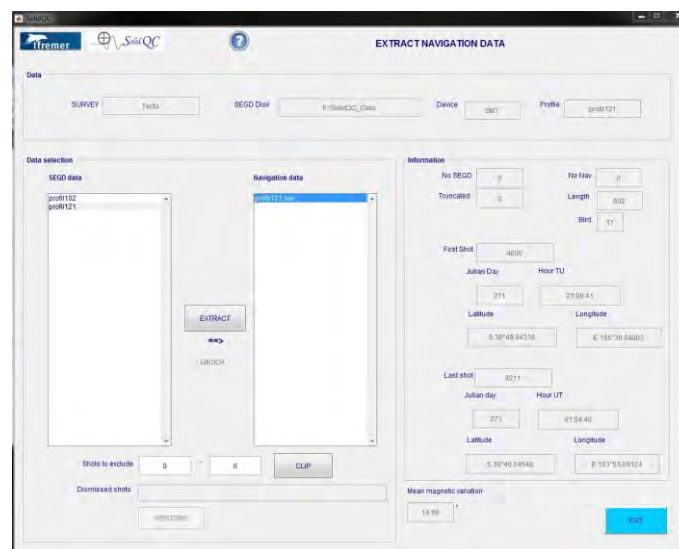
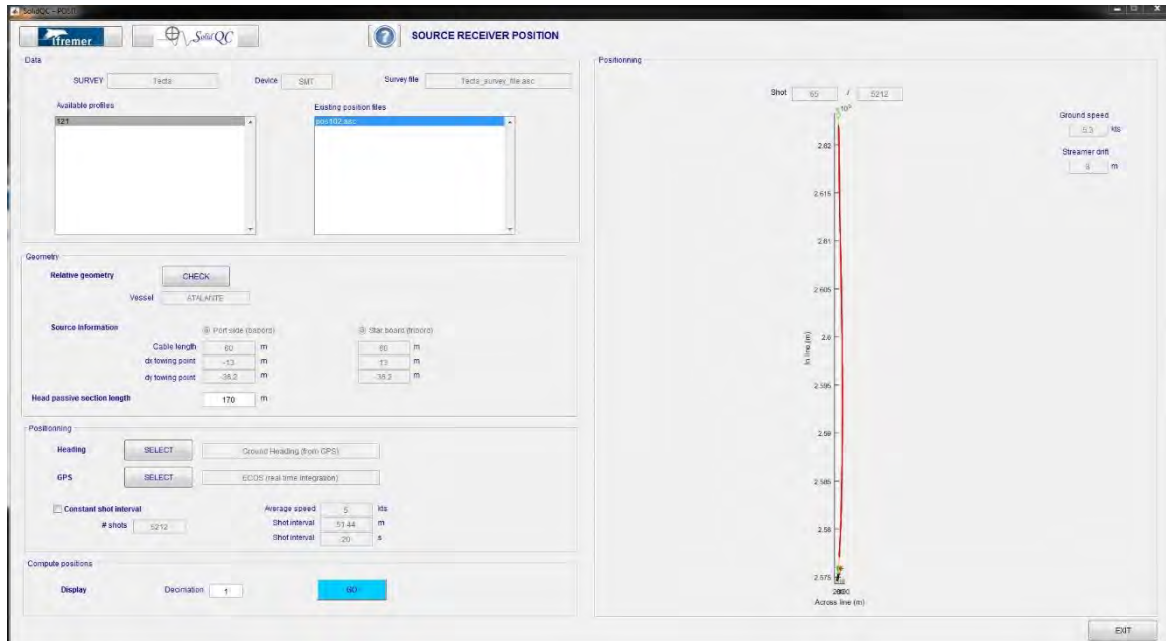
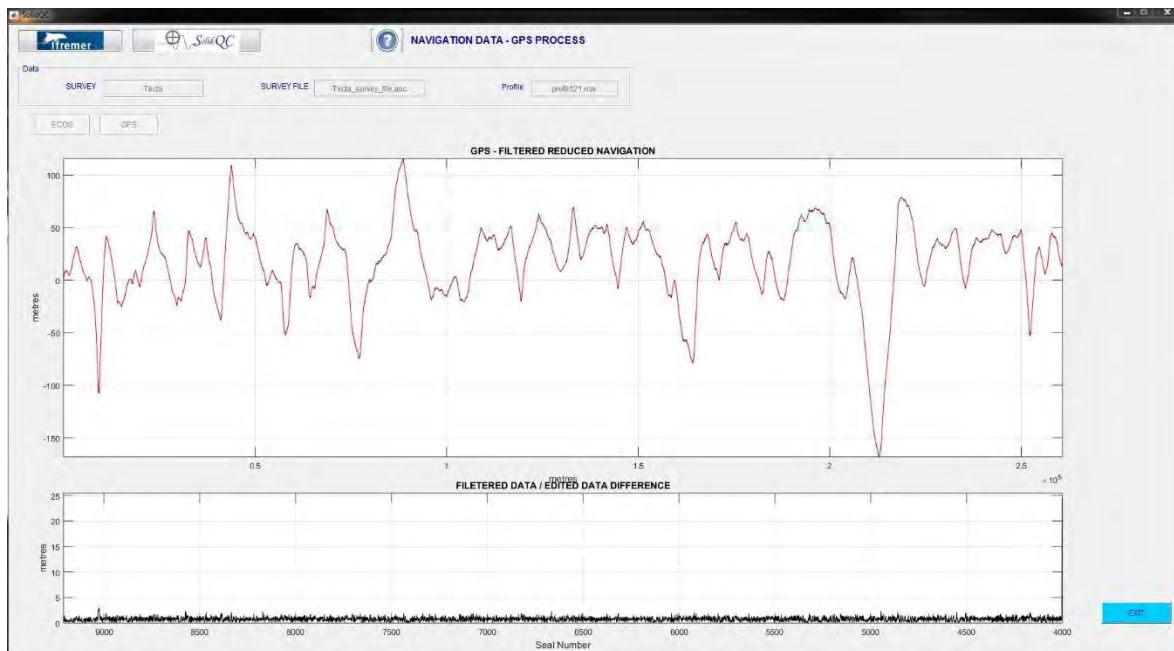


Figure 29 - Panel shows the navigation extraction step where the ship positioning information is read from the SEGID data. The right panel displays the information for the first and last shot point that has been extracted from the file listed in the left panel.



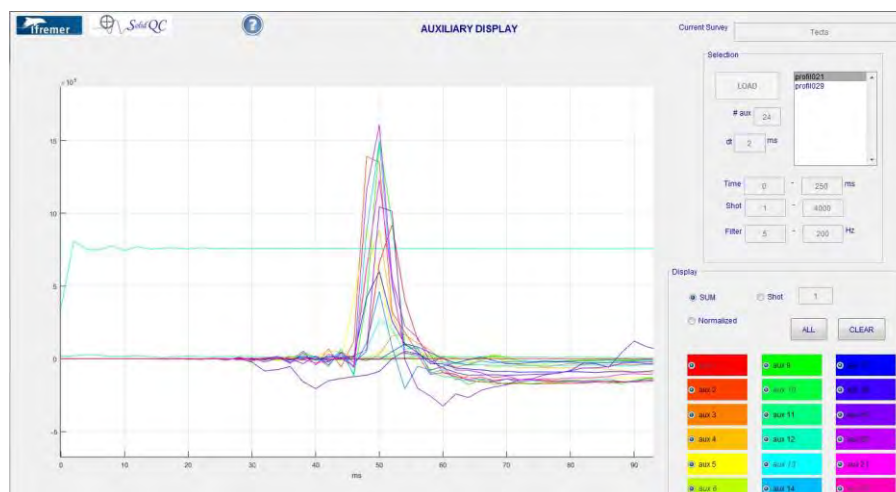
**Figure 30 - Calculating the source receiver positions for creating survey geometry. Position files for shot navigation (posXXX.asc) and survey files for receiver positioning are used to calculate source and receiver geometry for the seismic survey (see section 2.1.3).**



**Figure 31 - Assessing the variation in GPS positioning from the ship board navigation. The navigation has been extracted from the SEG-D data files. The fluctuations in metres (y-axis, top plot) show the residual position offsets after the expected ship track has been subtracted. The bottom plot shows data without ship track removed (seal no = shot point no.)**



**Figure 32 - Writing SEG1 shot gather files with geometry in the headers. At this step the position file containing shot, receiver and CDP, numbers and bin positions is written. The input files are the profile SEG1 data and the position geometry file posXXX.asc which was generated by combining survey and observer geometry information using QC-solid (see section 2.1.2).**



**Figure 33 - A visual display of individual airgun delays allowing identification of the overall source delay, and also any individual gun mistiming, for a given shot (synchronized). X-axis is in ms, y-axis is relative amplitude.**

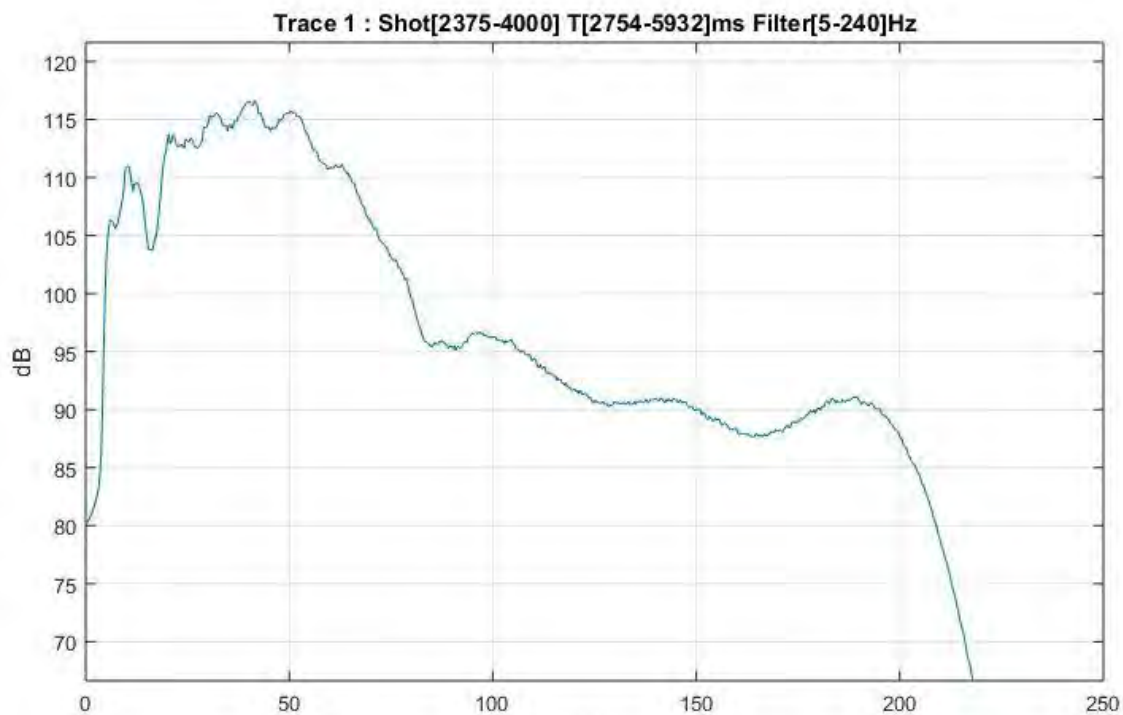


Figure 34 - Example amplitude spectra for shots 2375-4000. The x-axis is frequency in Hz, the y-axis is energy in decibels (see section 1.2.8).

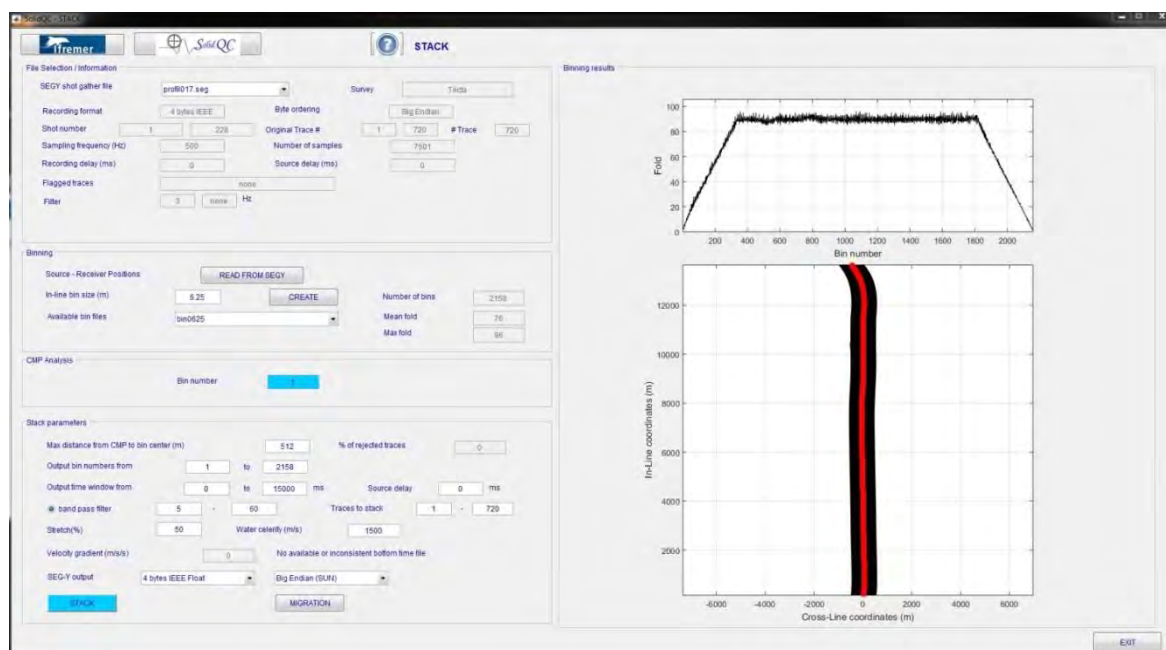
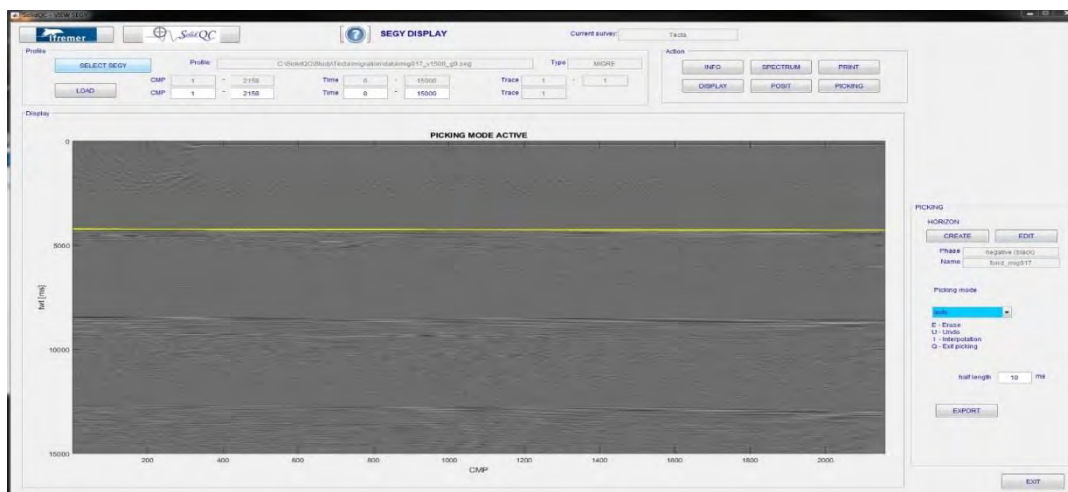
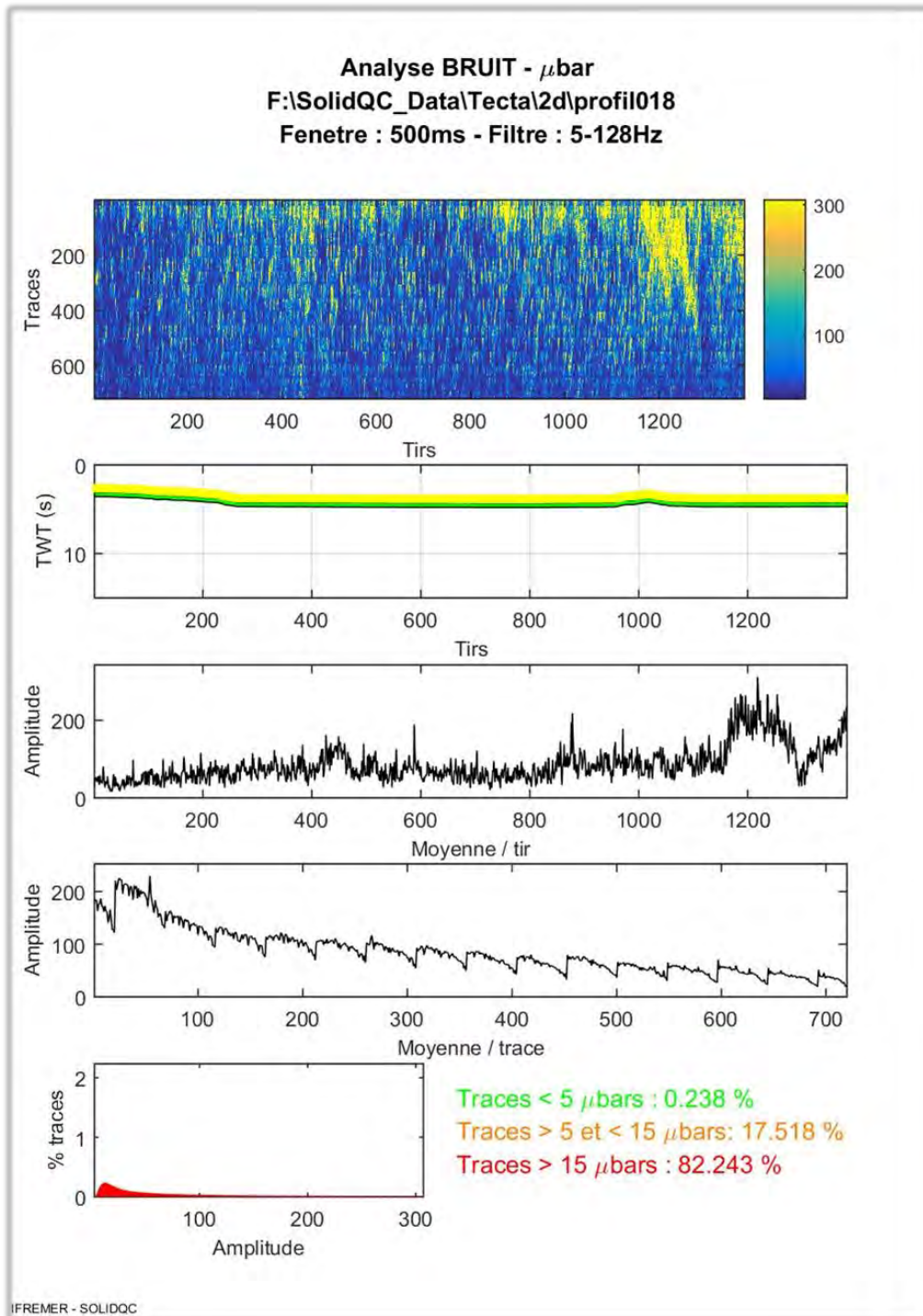


Figure 35 - CDP binning and stacking. The panel on the left shows the SEG-Y shot gather file (profilXXX.seg) that is read for CDP bin information for CDP sorting and stacking. A band-pass filter is applied at this stage. The panels on the left show CDP bin fold (top figure, number of traces in each CDP), and the geometry of the calculated CDP positions (bottom right plot). The black line shows the width of the CDP bins in the cross-line direction (512 m to the left and right of the red line).



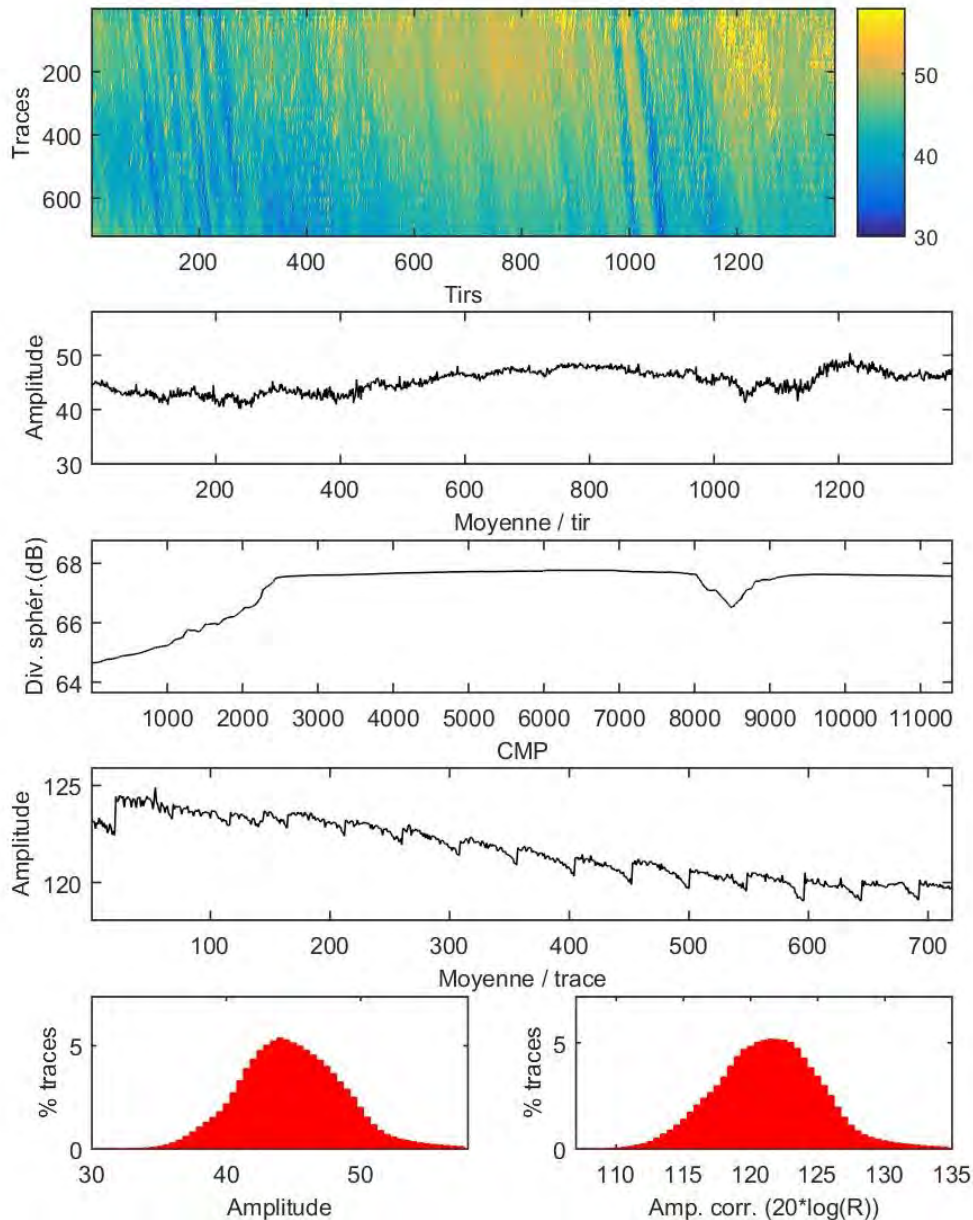
**Figure 36 - The plot shows a stacked and migrated section of seismic line (migXXX\_v1500\_g0.seg) displayed so the seafloor (yellow line) can be digitized from the data to produce a seafloor horizon file (fond\_migXXX.asc). The seafloor horizon may be used in later muting processes.**





**Figure 37 - Noise analysis. a.) Analysis of raw noise for each trace, with results displayed in terms of trace position (a grid of shot vs. receiver) and TWT for each shot. These are useful in identifying noisy receivers or shots, swell noise, etc. Consistently noisy traces (e.g., faulty receiver or bird-related noise on adjacent receivers) can be easily identified for removal in the processing sequence. b.) Seafloor reflector picked for determining noise. c.) average amplitude plotted for each shot. d.) average amplitude per group, the dips in the display are bird locations. e.) % of traces recorded with a given noise amplitude.**

**Analyse SIGNAL - dB ref  $\mu$ bar**  
**Profil : F:\SolidQC\_Data\Tecta\2d\profil018**  
**Fenetre : 500ms - Filtre : 5-128Hz**



IFREMER - SOLIDQC

**Figure 38 - Signal/Noise ratio. a.) Signal/noise ratio is analyzed for each trace, with results displayed in terms of trace position (a grid of shot vs. receiver) and TWT for each shot. These are useful in identifying noisy receivers or shots, swell noise, etc. Consistently noisy traces (e.g., faulty receiver or bird-related noise on adjacent receivers) can be easily identified for removal in the processing sequence. b.) Average trace amplitude plotted against shot point. c.) Loss of energy due to spherical divergence estimated for each CMP. d.) Average amplitude per trace. Note the step decrease in amplitude along the streamer at the bird locations. e.) % of traces recording a certain amplitude. Raw on the left and scaled on the right?**



### 3.3.5.2 Geocluster processing routines

#### Job #1 - 01-Tec05\_SQcSegin.xjj:

*Reading migrated line from QC-Solid in order to pick the seafloor library and create the first velocity law.*

```
*****
*
*****
*
**
*
*
source file : /proj/Tec05/JOBS/01-Tec05_SQcSegin.xjj
**
*
user : nadir1
**
*
creator : xjob 3.6.5
**
*
date : Wed Sep 9 18:17:46 2015
**
*
*****
*
**
SKIP_START
**
*****
*
**
**
**
COMMENT
**
*
1
**
*
|
**
*
SEGIN
**
*
2
**
*
|
**
*
SELEC
**
*
3
**
*
|
**
*
RSAMP
**
*
4
**
```

```

**          |
**          **
**          MODET
**          **
**          5
**          **
**          |
**          **
**          Migr05_Sispeed.cst
**          **
**          6
**          **
**
**
**
*****
*
**          SKIP_END
**          **
*****
*
**
**
**
**          LISTING GSL
**          **
**
**
**
*****
*
** GVRPA@ setenv inter_plot
** GVRPA@ unsetenv SERVTAPE
** GVRPA@ setenv gvr_stage /stage1/Tec05
**LIST9
* LIBRI SI 01          E 051001, F1,
STG2,
**LIST9
* LIBRI FI 01          SEGY,FOR8058,LAB0,
NEWHTR72=(1440,32,TC),
NEWHTR73=(1472,32,TC),
CGG43(1,32)=HTR72,
CGG44(1,32)=HTR73,
*****
*
* DLOOP          1
* SEGIN          ++          RL15002,SI2,MAXERR20,
LFI01,LSI01,
* SELEC          ==          TRACE=MOT4=(0),
BRANCH=OUI,FBO,
* RSAMP          ==          ++          SI4,RL15000,
* MODET          ==          ++          MOT19=5,
* WUNET          ==          FILE=local:+
FILE=/proj/Tec05/DATA/Migr05_Sispeed.cst
DISPLAY,
* ENDLP

```

\*\*\*\*\*

\*

\* PROCS

X(YB1)

**Job #2 : 02-Tec05\_Sgy2GCT.xjj:**  
*Generating files of CDP gathers with Geocluster format from the SolidQC segy file.*

```
*****
*
*****
*
**
*
*
**      source file : /proj/Tec05/JOBS/02-Tec05_Sgy2GCT.xjj
**
**      user : nadir1
**
**      creator : xjob 3.6.5
**
**      date : Fri Sep 11 12:38:13 2015
**
**
*
*****
**
**      SKIP_START
**
*****
*
**
**
**
**      COMMENT
**
**      1
**      |
**
**      BEGIN
**
**      2
**      |
**
**      SELEC
**
**      3
**      |
**
**      HABIL
**
**      4
**      |
**
```



```

*****
*
** GVRPA@ setenv inter_plot
** GVRPA@ unsetenv SERVTAPE
** GVRPA@ setenv gvr_stage /stage1/Tec05
**LIST9
* LIBRI SI 01          E 052001, F1,
STG2,
**LIST9
* LIBRI FI 01          SEGY,FOR8058,LAB0,
NEWHTR72=(1440,32,TC),
NEWHTR73=(1472,32,TC),
CGG43(1,32)=HTR72,
CGG44(1,32)=HTR73,
**LIST9
* LIBRI CN 01          SI2,
(B(2,12,64,92),L300),
**LIST9
**/proj/Tec05/LIBRIS/LFD/version1@Migr05_Sispeed.lfd
* LIBRI FD 01
(1)=1537.0, (2)=1537.0, (163)=1544.0, (535)=1615.0, (905)=1678.0,
(1354)=1756.0, (1873)=1850.0, (2180)=1905.0, (2563)=1976.0, (3058)=2077.0,
(3584)=2164.0, (3871)=2211.0, (4033)=2266.0, (4306)=2289.0, (4508)=2297.0,
(4641)=2352.0, (4808)=2352.0, (4987)=2375.0, (5187)=2415.0, (5410)=2469.0,
(5655)=2493.0, (5824)=2618.0, (5911)=2548.0, (6046)=2571.0, (6111)=2650.0,
(6299)=2618.0, (6387)=2642.0, (6503)=2689.0, (6614)=2775.0, (6709)=2744.0,
(6765)=2775.0, (6862)=2775.0, (6926)=2838.0,
**LIST9
* LIBRI BD 01          (C058001-C058200)(RW),STG1,
BLOCK,
*****
*
* DLOOP      1
* BEGIN      ++          RL15002,SI2,MAXERR20,
LFI01,LSI01,
* SELEC      ==          TRACE=MOT4=(0),
BRANCH=OUI,FBO,
* HABIL      ==      ++   LFD01,
* MODET      ==      ++
*MOT19=5,
*MOT50=MOT17,1,MIN,6.25,MULT,110,PLUS,
*MOT48=1.5,MOT47,MULT,
* FILTR      ==      ++   LCN01,
* RSAMP      ==      ++   SI4,RL15000,
* SELEC      ==          TRACE=MOT11=(7),
BRANCH=NON,FBO,
* DUPLI      ==          02
* OUTST      ==          RANGE= UN4, DEUX20, TROIS2,
TOTAL80000,YMX5000,
OC,PROCS=YB2,
* ENDLP
*****
*
* DLOOP      2
* MNGTY      ==      ++   WORD4,AND,WORD20,
* OUTBD      ==          15000 LBD01,FMT5,
* ENDLP

```

\*\*\*\*\*

\*

\* PROCS        X(YB1)



**Job #3 : 03-Tec05\_MkCmp1.xjj :**  
*Re-numbering bin header, to create super-bin in the next job*

```
*****
*
*****
*
**
*
**          source      file          :      /proj/Tec05/JOBS/03-Tec05_MkCmp1.xjj
**          **
**          user          :          nadir1
**          **
**          creator      :          xjob      3.6.5
**          **
**          date        :      Wed      Sep      9      22:47:17      2015
**          **
**
*
*****
*
**          SKIP_START
**          **
*****
*
**
**          **
**          **
**          COMMENT
**          **
**          1
**          **
**          |
**          **
**          INPTR
**          **
**          2
**          **
**          |
**          **
**          SELEC
**          **
**          3
**          **
**          |
**          **
**          MODET
**          **
**          4
**          **
**          |
**          **
```

```

**                               SDICO
**                               **
**                               5
**                               **
**                               |
**                               **
**                               FILTR
**                               **
**                               6
**                               **
**                               |
**                               **
**                               Tec05_Cmp.cst
**                               **
**                               5
**                               **
**                               **
**                               **
**                               **
*****
*
**                               SKIP_END
**                               **
*****
*
**                               *
*
**                               LISTING                               GSL
**                               **
**                               *
*
*****
*
** GVRPA@ setenv inter_plot
** GVRPA@ unsetenv SERVTAPE
** GVRPA@ setenv gvr_stage /stage1/Tec05/
**LIST9
* LIBRI TR 01                (B058001-B058042), F1,STG,
**LIST9
**/proj/Tec05/LIBRIS/Tec05_V0.lvi
* LIBRI VI 01
  (1)=T1594V1500,T4094V2200,VF7000,
  (1000)=T1728V1500,T4228V2200,VF7000,
  (2000)=T1906V1500,T4406V2200,VF7000,
  (3000)=T2100V1500,T4600V2200,VF7000,
  (4000)=T2288V1500,T4788V2200,VF7000,
  (5000)=T2408V1500,T4908V2200,VF7000,
  (6000)=T2724V1500,T5224V2200,VF7000,
  (6926)=T2850V1500,T5350V2200,VF7000,
**LIST9
**/proj/Tec05/LIBRIS/LFD/version1@Migr05_Sispeed.lfd
* LIBRI FD 01
  (1)=1537.0, (2)=1537.0, (163)=1544.0, (535)=1615.0, (905)=1678.0,
  (1354)=1756.0, (1873)=1850.0, (2180)=1905.0, (2563)=1976.0, (3058)=2077.0,
  (3584)=2164.0, (3871)=2211.0, (4033)=2266.0, (4306)=2289.0, (4508)=2297.0,

```

```

(4641)=2352.0, (4808)=2352.0, (4987)=2375.0, (5187)=2415.0, (5410)=2469.0,
(5655)=2493.0, (5824)=2618.0, (5911)=2548.0, (6046)=2571.0, (6111)=2650.0,
(6299)=2618.0, (6387)=2642.0, (6503)=2689.0, (6614)=2775.0, (6709)=2744.0,
(6765)=2775.0, (6862)=2775.0, (6926)=2838.0,
**LIST9
* LIBRI CN 01          SI4,MINFAZE,RINTERP,
(B(4,16,48,64),(W0-W2000),L300),
(B(2,12,32,48),(W4000-W8000),L300),
*****
*
* DLOOP              1
* INPTR      ++      LTR01,RL15000,SI4,
Y=MOT4,K1,
* SELEC      ==      TRACE=MOT4=(200-30000,I400,G3),
BRANCH=NON,FBO,
* MODET      ==      ++
*MOT2=0.1,MOT4,MULT,
* SDICO FW AN ==      ++      BNMO,LVI01,
COEFF9000000,
* FILTR      ==      ++      LCN01,LFD01,
* WUNET      ==      FILE=local:+
FILE=/proj/Tec05/DATA/Tec05_Cmp.cst
DISPLAY,
* ENDLP
*****
*
* PROCS              X(YB1)

```

**Job #4 : 03-Tec05\_MkCmpS.xjj :**  
*Sorting data in CDP gathers without NMO correction.*

```

*****
*
*****
*
**
*
**          source      file          :      /proj/Tec05/JOBS/03-Tec05_MkCmpS.xjj
**          **
**          user          :          nadir1
**          **
**          creator      :          xjob      3.6.5
**          **
**          date        :      Wed      Sep      9      22:56:46      2015
**          **
*
*
*****
*
**          SKIP_START
**          **
*****
*
**
**          **
**          RUNET
**          **
**          1
**          **
**          |
**          **
**          OUTST
**          **
**          2
**          **
**          |
**          **
**          MNGTY
**          **
**          3
**          **
**          |
**          **
**          MODET
**          **
**          4
**          **
**          |
**          **
**          Tec05_CmpS.cst
**          **

```



**Job #5 : 03-Tec05\_MkCmpN.xjj :**  
*Sorting data in CDP gathers with NMO correction.*

```
*****
*
*****
*
**
*
**          source      file          :      /proj/Tec05/JOBS/03-Tec05_MkCmpN.xjj
**          **
**          user          :          nadir1
**          **
**          creator      :          xjob      3.6.5
**          **
**          date        :      Wed      Sep      9      22:56:45      2015
**          **
*
*
*****
*
**          SKIP_START
**          **
*****
*
**
**          **
**          **
**          RUNET
**          **
**          1
**          **
**          |
**          **
**          FANMO
**          **
**          2
**          **
**          |
**          **
**          OUTST
**          **
**          3
**          **
**          |
**          **
**          MNGTY
**          **
**          4
**          **
**          |
**          **
```





```
*
* WUNET      ==      MOT4=10,MOT2,MULT,1,PLUS,
FILE=/proj/Tec05/DATA/Tec05_CmpN.cst
DISPLAY,
* ENDLP
*****
**
* PROCS      X(YB1)
```

**Job #6 : 04-Tec05\_Velan.xjj :**  
*Sorting data in CDP gathers with NMO correction.*

```
*****
*
*****
*
**
*
**          source      file          :      /proj/Tec05/JOBS/04-Tec05_Velan.xjj
**          **
**          user          :          nadir1
**          **
**          creator      :          xjob      3.6.5
**          **
**          date        :      Wed      Sep      9      23:36:38      2015
**          **
**
*
*****
*
**          SKIP_START
**          **
*****
*
**
**          **
**          **
**          COMMENT
**          **
**          1
**          **
**          |
**          **
**          INPTR
**          **
**          2
**          **
**          |
**          **
**          SELEC
**          **
**          3
**          **
**          |
**          **
**          MUTES
**          **
**          4
**          **
**          |
**          **
```

```

**                               MCDEC
**                               **
**                               5
**                               **
**                               |
**                               **
**                               SDICO
**                               **
**                               6
**                               **
**                               |
**                               **
**                               FILTR
**                               **
**                               7
**                               **
**                               |
**                               **
**                               VESPA
**                               **
**                               8
**                               **
**                               |
**                               **
**                               WUNET
**                               **
**                               9
**                               **
**
**
**
**
*****
*
**                               SKIP_END
**                               **
*****
*
**
**
**
**                               LISTING                               GSL
**                               **
**
**
**
*****
*
** GVRPA@ setenv inter_plot
** GVRPA@ unsetenv SERVTAPE
** GVRPA@ setenv gvr_stage /stage1/Tec05/
**LIST9
**/proj/Tec05/LIBRIS/Tec05_V0.lvi
* LIBRI VI 01
  (1)=T1594V1500,T4094V2200,VF7000,
  (1000)=T1728V1500,T4228V2200,VF7000,
  (2000)=T1906V1500,T4406V2200,VF7000,
  (3000)=T2100V1500,T4600V2200,VF7000,

```

```

(4000)=T2288V1500,T4788V2200,VF7000,
(5000)=T2408V1500,T4908V2200,VF7000,
(6000)=T2724V1500,T5224V2200,VF7000,
(6926)=T2850V1500,T5350V2200,VF7000,
**LIST9
**/proj/Tec05/LIBRIS/LMU/version1@Tec05_CmpS.lmu
* LIBRI MU 01
(1)=
    M1613.0X126.0, M1671.0X851.0, M1873.0X1626.0, M2441.0X2857.0,
M3387.0X4587.0,
(601)=
M1613.0X126.0, M1671.0X851.0, M1873.0X1626.0, M2441.0X2857.0,
M3387.0X4587.0,
(1401)=
M1716.0X120.0, M1783.0X870.0, M1971.0X1576.0, M2536.0X2900.0,
M3467.0X4560.0,
(2201)=
M1841.0X189.0, M1886.0X695.0, M2092.0X1608.0, M2746.0X3135.0,
M3494.0X4506.0,
(3001)=
M1993.0X120.0, M2065.0X713.0, M2222.0X1601.0, M2674.0X2801.0,
M3593.0X4612.0,
(3801)=
M2114.0X120.0, M2150.0X620.0, M2303.0X1395.0, M2670.0X2489.0,
M3700.0X4606.0,
**LIST9
* LIBRI TR 01          (B058001-B058042), F1,STG,
**LIST9
**/proj/Tec05/LIBRIS/LFD/version1@Migr05_Sisped.lfd
* LIBRI FD 01
(1)=1537.0, (2)=1537.0, (163)=1544.0, (535)=1615.0, (905)=1678.0,
(1354)=1756.0, (1873)=1850.0, (2180)=1905.0, (2563)=1976.0, (3058)=2077.0,
(3584)=2164.0, (3871)=2211.0, (4033)=2266.0, (4306)=2289.0, (4508)=2297.0,
(4641)=2352.0, (4808)=2352.0, (4987)=2375.0, (5187)=2415.0, (5410)=2469.0,
(5655)=2493.0, (5824)=2618.0, (5911)=2548.0, (6046)=2571.0, (6111)=2650.0,
(6299)=2618.0, (6387)=2642.0, (6503)=2689.0, (6614)=2775.0, (6709)=2744.0,
(6765)=2775.0, (6862)=2775.0, (6926)=2838.0,
**LIST9
* LIBRI CN 01          SI4,MINFAZE,RINTERP,
(B(4,16,64,92),(W0-W2000),L300),
(B(2,12,48,64),(W4000-W8000),L300),
*****
*
* DLOOP      1
* INPTR      ++          LTR01,RL15000,SI4,
Y=MOT4,K1,
* SELEC      ==          TRACE=MOT4=(200-99000,I400,G5),
BRANCH=NON,FBO,
* MUTES EX   ==      ++   LMU01,
* MCDEC GA MX ==      02
WMX((W0-W4000,IQ190,F1004),LMU01,),LVI01,
LAR220,KP0,13,YB2,
* ENDLP
*****
*
* DLOOP      2
* SDICO FW AN ==      ++   BNMO,LVI01,
COEFF9000000,

```

```

* FILTR      ==      ++      LCN01,LFD01,
* VESPA VV   ==      03      LVI01,VINC2,A2,
XRM4800,YMX720,LU-18,LV18,NM5,NMU5,PAS20,VLAW7,
VA1450,VB5000,
XSCA15,XSCAG15,NP,B3,
* ENDLP
*****
*
* DLOOP      3
* WUNET      ==      FILE=localhost:+
FILE=/proj/Tec05/DATA/+
FILE=Tec04.V1.velcom,
STEP4800,
TIME,
* ENDLP
*****
*
* PROCS      X(YB1)

```

**Job #7 : 05-Tec05\_DmoStk.xjj :**  
*Mute, Deconvolution, antimultiple, NMO DMO corrections and Stack.*

```
*****
*
*****
*
**
*
**          source      file          :      /proj/Tec05/JOBS/05-Tec05_DmoStk.xjj
**
**          user          :          nadir1
**          **
**          creator      :          xjob      3.6.5
**          **
**          date        :      Fri      Sep      11      13:02:30      2015
**          **
**
*
*****
*
**          SKIP_START
**          **
*****
*
**
**
**          **
**          COMMENT
**          **
**          1
**          **
**          |
**          **
**          INPTR
**          **
**          2
**          **
**          |
**          **
**          MUTES
**          **
**          3
**          **
**          |
**          **
**          MCDEC
**          **
**          4
**          **
**          |
**          **
```



```

**/proj/Tec05/LIBRIS/Tec05.V1.lvi
**
** LIBRI VI 2D syntax generated by DATA EXCHANGE
**
* LIBRI VI 01
(1)= T1715V1489,T1920V1510,T2120V1605,
T2920V2303,
VF8000,
(602)= T1715V1489,T1920V1510,T2120V1605,
T2920V2303,
VF8000,
(1002)= T1778V1489,T1980V1510,T2320V1723,
T2660V2126,T3120V2587,
VF8000,
(1402)= T1840V1487,T2060V1510,T2420V1735,
T2840V2126,T3060V2504,
VF8000,
(1802)= T1900V1498,T2160V1522,T2480V1700,
T2800V1960,T3100V2410,T3240V2694,
VF8000,
(2202)= T1984V1489,T2220V1522,T2460V1629,
T2860V1995,T3200V2575,
VF8000,
(2602)= T2054V1507,T2280V1510,T2600V1688,
T3020V2031,T3400V2717,
VF8000,
**LIST9
**/proj/Tec05/LIBRIS/LMU/version1@Tec05_CmpS.lmu
* LIBRI MU 01
(1)=
M1613.0X126.0, M1671.0X851.0, M1873.0X1626.0, M2441.0X2857.0,
M3387.0X4587.0,
(601)=
M1613.0X126.0, M1671.0X851.0, M1873.0X1626.0, M2441.0X2857.0,
M3387.0X4587.0,
(1401)=
M1716.0X120.0, M1783.0X870.0, M1971.0X1576.0, M2536.0X2900.0,
M3467.0X4560.0,
(2201)=
M1841.0X189.0, M1886.0X695.0, M2092.0X1608.0, M2746.0X3135.0,
M3494.0X4506.0,
(3001)=
M1993.0X120.0, M2065.0X713.0, M2222.0X1601.0, M2674.0X2801.0,
M3593.0X4612.0,
(3801)=
M2114.0X120.0, M2150.0X620.0, M2303.0X1395.0, M2670.0X2489.0,
M3700.0X4606.0,
(4601)=
M2271.0X126.0, M2312.0X808.0, M2509.0X1714.0, M2827.0X2620.0,
M3767.0X4607.0,
**LIST9
* LIBRI TR 01          (B058001-B058029), F1,STG,
**LIST9
**/proj/Tec05/LIBRIS/LFD/version1@Migr05_Sispeed.lfd
* LIBRI FD 01
(1)=1537.0, (2)=1537.0, (163)=1544.0, (535)=1615.0, (905)=1678.0,
(1354)=1756.0, (1873)=1850.0, (2180)=1905.0, (2563)=1976.0, (3058)=2077.0,
(3584)=2164.0, (3871)=2211.0, (4033)=2266.0, (4306)=2289.0, (4508)=2297.0,

```



```

(4641)=2352.0, (4808)=2352.0, (4987)=2375.0, (5187)=2415.0, (5410)=2469.0,
(5655)=2493.0, (5824)=2618.0, (5911)=2548.0, (6046)=2571.0, (6111)=2650.0,
(6299)=2618.0, (6387)=2642.0, (6503)=2689.0, (6614)=2775.0, (6709)=2744.0,
(6765)=2775.0, (6862)=2775.0, (6926)=2838.0,
**LIST9
**/proj/Tec05/LIBRIS/Tec05.V1a.lvi
**
** LIBRI VI 2D syntax generated by DATA EXCHANGE
**
* LIBRI VI 02
(1)= T1715V1489,T1920V1510,T2120V1605,
T2920V2303,
VF8000,
(602)= T1715V1489,T1920V1510,T2120V1605,
T2920V2303,
VF8000,
(1002)= T1778V1489,T1980V1510,T2320V1723,
T2660V2126,T3120V2587,
VF8000,
(1402)= T1840V1487,T2060V1510,T2420V1735,
T2840V2126,T3060V2504,
VF8000,
(1802)= T1900V1498,T2160V1522,T2480V1700,
T2800V1960,T3100V2410,T3240V2694,
VF8000,
(2202)= T1984V1489,T2220V1522,T2460V1629,
T2860V1995,T3200V2575,
VF8000,
(2602)= T2054V1507,T2280V1510,T2600V1688,
T3020V2031,T3400V2717,
VF8000,
**LIST9
**/proj/Tec05/LIBRIS/LMU/version1@Tec05_CmpN.lmu
* LIBRI MU 02
(1)=
M1608.0X120.0, M1622.0X2251.0, M3091.0X4593.0,
(601)=
M1608.0X120.0, M1622.0X2251.0, M3091.0X4593.0,
(1001)=
M1635.0X120.0, M1680.0X2282.0, M3154.0X4610.0,
(1401)=
M1747.0X120.0, M1774.0X2407.0, M3306.0X4566.0,
(1801)=
M1787.0X120.0, M1810.0X2345.0, M3333.0X4546.0,
(2201)=
M1841.0X183.0, M1850.0X2529.0, M2097.0X2724.0, M3337.0X4506.0,
(2601)=
M1890.0X182.0, M1922.0X2499.0, M2132.0X2786.0, M3369.0X4605.0,
(3001)=
M1985.0X120.0, M2038.0X2607.0, M3391.0X4612.0,
**LIST9
* LIBRI CN 01          SI4,MINFAZE,RINTERP,
(B(4,16,64,92),(W0-W2000),L300),
(B(2,12,48,64),(W4000-W8000),L300),
*****
*
* DLOOP          1
* INPTR          ++          LTR01,RL15000,SI4,

```

```

Y=MOT4,K1,
* MUTES EX == ++ LMU01,
* MCDEC GA MX == 02
WMX((W0-W4000,IQ190,F1004),LMU01,),LVI01,
LAR220,KP0,13,YB2,
* ENDLP
*****
*
* DLOOP 2
* LEMUR == 03 YMX111,FEN204,
KEEP=(LVI02,TOL7,),
FMIN2,FMAX64,
VRMS=(1,TOL10,),LFD01,TIO,TAPI200,TF15000,
NCRVMX31,DT60,B3,
* ENDLP
*****
*
* DLOOP 3
* SDICO FW AN== ++ BNMO,LVI01,
COEFF9000000,
* FANM0 == ++ LVI01,LMU02,SMU50,PR100,
* FILTR == ++ LCN01,LFD01,
* KIDM0 == 04 DCDP6.25,WORD19,
DIPMAX2,XRM4850,NPNT2,MUTEOUT=LMU02,HSTRCH1,
VSTRCH1,MXGTXRM500,NOALIAS,REMUTE,
NP,
FCDP1,LCDP6926,FLINE5,LLINE5,ICDP1,KCDP1,ILINE1,
KLINE1,LIMIT0,
MXSLX50,MXSLY50,B4,
* ENDLP
*****
*
* DLOOP 4
* WUNET == FILE=local:+
FILE=/proj/Tec05/DATA/Tec05_DmoStk-V2.cst
DISPLAY,
* ENDLP
*****
*
* PROCS X(YB1)

```

**Job #8 : 06-Tec05\_Fkmig.xjj :**  
*Migration in Fk domain.*

```
*****
*
*****
*
**
*
**          source      file          :      /proj/Tec05/JOBS/06-Tec05_Velan.xjj
**          **
**          user          :          nadir1
**          **
**          creator      :          xjob      3.6.5
**          **
**          date        :      Fri      Sep      11      13:49:19      2015
**          **
**
*
*****
*
**          SKIP_START
**          **
*****
*
**
**          **
**          **
**          RUNET
**          **
**          1
**          **
**          |
**          **
**          FKMIG
**          **
**          2
**          **
**          |
**          **
**          Tec05_DmoFkm-V2.cst
**          **
**          3
**          **
**
**
**
*****
*
**          SKIP_END
**          **
```

```

*****
*
**
*
*
**          LISTING          GSL
**          **
*
*
*****
*
* DLOOP      1
* RUNET      ++          FILE=localhost:+
FILE=/proj/Tec05/DATA/Tec05_DmoStk-V2.cst,
* FKMIG      ==      02      E6.25,NT6643,FMAX92,V1550,SUP3,IMOT4=1,MAX500,
ALPHA1.0,B2,
* ENDLP
*****
*
* DLOOP      2
* WUNET      ==          FILE=local:+
FILE=/proj/Tec05/DATA/Tec05_DmoFkm-V2.cst
DISPLAY,
* ENDLP
*****
*
* PROCS      X(YB1)

```

**Job #9 : 07-Tec05\_Outputs.xjj :**  
*Export migrated and Stacked line in Segy format.*

```
*****
*
*****
*
**
*
**          source      file          :      /proj/Tec05/JOBS/07-Tec05_Outputs.xjj
**          **
**          user          :          nadir1
**          **
**          creator      :          xjob      3.6.5
**          **
**          date        :      Sun      Sep      20      11:43:07      2015
**          **
**
*
*****
*
**          SKIP_START
**          **
*****
*
**
**
**          **
**          COMMENT
**          **
**          1
**          **
**          |
**          **
**          RUNET
**          **
**          2
**          **
**          |
**          **
**          FILTR
**          **
**          3
**          **
**          |
**          **
**          SEGOU
**          **
**          4
**          **
**
**
**          **
```

```

**
**
**
*****
**
**
                SKIP_END
                **
*****
**
**
**
**
**
**
                LISTING                                GSL
                **
**
**
**
*****
**
** GVRPA@ setenv inter_plot
** GVRPA@ unsetenv SERVTAPE
** GVRPA@ setenv gvr_stage /stage1/SEGOU
**LIST9
**/proj/Tec05/LIBRIS/LFD/version1@Migr05_Sisped.lfd
* LIBRI FD 01
(1)=1537.0, (2)=1537.0, (163)=1544.0, (535)=1615.0, (905)=1678.0,
(1354)=1756.0, (1873)=1850.0, (2180)=1905.0, (2563)=1976.0, (3058)=2077.0,
(3584)=2164.0, (3871)=2211.0, (4033)=2266.0, (4306)=2289.0, (4508)=2297.0,
(4641)=2352.0, (4808)=2352.0, (4987)=2375.0, (5187)=2415.0, (5410)=2469.0,
(5655)=2493.0, (5824)=2618.0, (5911)=2548.0, (6046)=2571.0, (6111)=2650.0,
(6299)=2618.0, (6387)=2642.0, (6503)=2689.0, (6614)=2775.0, (6709)=2744.0,
(6765)=2775.0, (6862)=2775.0, (6926)=2838.0,
**LIST9
* LIBRI CN 01                SI4,MINFAZE,RINTERP,
(B(2,12,48,64),(W0-W2000),L300),
(B(2,12,32,48),(W4000-W8000),L300),
**LIST9
* LIBRI FO 01                SEGY,FOR3,LAB0,FWINC1,
**LIST9
* LIBRI BD 01                C055001(RW),STG2,
BLOCK,
TAPLEN40000,
*****
**
* DLOOP      1
* RUNET      ++            FILE=localhost:+

```

### 3.3.5.3 Time Migration

#### Converting Geocluster velocity files to Globe Claritas format.

The text below is a conversion script used to convert Geocluster velocity files into Globe Claritas velocity file format to be read into isovels. Script created by D. Barker. Output is a series of time/velocity pairs in Claritas format that can be read in isovels, and converted to an interval velocity file for migration using FDMIG, a Claritas migration routine.

```
#!/bin/csh
# lvi2nmo.csh
# Dan Barker 20/9/2015
#
# Script to convert CGG Geocluster .lvi velocity file to Claritas NMO format.
# It may not be elegant, but it works!
# NOTE: for multi-segment profiles, segments may each have been cdp-binned
#       from cdp=1. When joined, CDPs may get renumbered, so may need to
#       shift
#       cdp values ("CDPshift") for later segments.

set IN='TEC032/Tec32.V1.lvi'
set OUT='TEC032/Tec32.V1.nmo'

set CDPshift=0      # standard case for direct transcription of .lvi file
#set CDPshift=14616  # adjustment for TEC08A
#set CDPshift=19602  # adjustment for TEC14A
#set CDPshift=93220  # adjustment for TEC14B

gawk -F, '{i=1;while(i<=NF){gsub(/ /,"",$i);print $i; i++}}' $IN |\
gawk -F= '{i=1;while(i<=NF){print $i; i++}}' |\
gawk '{if($1!~/*/) print $1}' |\
gawk '{gsub(/\(/,"",$0);gsub(/\)/,"",$0);print $0}' |\
gawk '{gsub(/T/,"",$0);gsub(/V/," ",$0);print $0}' |\
gawk '{gsub(/ F/,"15000 ",$0);print $0}' > tmp1.txt

gawk 'BEGIN{i=1}{if(NF==1){printf(" %-6d", $1+CDPshift)};\
if(NF==2&&$1!=15000&&i<4){printf(" %-8d %-8d", $1, $2);i++;next};\
if(NF==2&&$1!=15000&&i==4){printf(" %-8d %-8d\n", $1, $2);i++;next};\
if(NF==2&&$1!=15000&&i==5){printf(" %-8d %-8d", $1, $2);i++;next};\
if(NF==2&&$1!=15000&&i>5&&i<8){printf(" %-8d %-8d", $1, $2);i++;next};\
if(NF==2&&$1!=15000&&i==8){printf(" %-8d %-8d\n", $1, $2);i++;next};\
if(NF==2&&$1!=15000&&i==9){printf(" %-8d %-8d", $1, $2);i++;next};\
if(NF==2&&$1!=15000&&i>9){printf(" %-8d %-8d", $1, $2);i++;next};\
if(NF==2&&$1==15000&&(i==5||i==9)){printf(" %-8d %-8d\n", $1, $2);i=1;next};\
'
```



```

                if(NF==2&&$1==15000&&(i!=5&&i!=9)){printf(" %-8d %-
8d\n", $1, $2); i=1; next}}' \
                CDPshift=$CDPshift tmp1.txt > tmp2.txt

echo 'NMO' > header.tmp.txt
echo 'Primary key : CDP' >> header.tmp.txt
echo 'Secondary key : ' >> header.tmp.txt
echo 'Interpolation key : INTERPOLATE/END' >> header.tmp.txt
echo '' >> header.tmp.txt
echo '|KEYVAL|{T1      |V1}      |{T2      |V2}      |{T3      |V3}      |{T4
|V4}      |' >> header.tmp.txt

cat header.tmp.txt tmp2.txt > $OUT

\rm *tmp*.txt

exit

```

### 3.3.6 Data format and trace headers

#### 3.3.6.1 SEG D field tapes

Format : 32 IEEE demultiplexed

Byte order : Big Endian

Header Name	Bytes	Notes / Value
File Number	1-2	1-9999 – If file nb > 9999, set to FFFF and Extended File Nb is used
Format code	3-4	8058 for 32 IEEE demultiplexed
General constants	5-10	4 for Seal428
Last two digits of Years	11	0-99
Number of additional blocks in general header	12H	Value = 2
Julian day	12L-13	1-366
Hour of day	14	0-23
Minute of hour	15	0-59
Second of minute	16	0-59
Manufacturer's code	17	Value = 13
Manufacturer's serial nb	18-19	Value = 0
Bytes per scan	20-22	000000 non blocked record 100000 blocked record
Base scan interval	23	0.25 ms = 4 0.5ms = 8 1 ms = 10 2 ms = 20 4 ms = 40
Polarity	24H	Value = 0 (untested)
Not used	24L-25	

Record type	26H	8 = Normal 2 = Test Record
Record length	26L-27	Extended record length used
Scan type per record	28	Value = 01
Number of channel sets per record	29	
Number if sample skew 32 byte extensions	30	Value = 00
Extended header length	31	Value = 32
Extended header length	32	Description

**Table 13 - SEGD - General header block#1**

Header Name	Bytes	Description
Expended file number	1-3	0-999999
Extended Channel Sets/Scan Types	4-5	Not used
Extended header block	6-7	Not used
External header block	8-9	
Not used	10	Not used
SEG-D Revision Number	11-12	
Number of Blocks of General Trailer	13-14	
Extended Record Length	15-17	0-128000 ms
Not used	18	Not used
General Header Block Number	19	Value = 2
Sequence Number	21-22	Defaults to GUI setup or updated by navigation system
Not used	23-32	Not used

**Table 14 - SEGD - General header block#2**

Header Name	Bytes	Description
Expended file number	1-3	
Source Line Number	4-8	0-99999.99 Defaults to GUI setup or updated by navigation system
Source Point Number	9-13	0-99999.99 Defaults to GUI setup or updated by navigation system
Source Point Index	14	0-9
Phase Control	15	Not recorded
Vibrator Type	16	Not recorded
Phase Angle	17-18	Not recorded
General Header Block Number	19	Value = 3
Source Set Number	20	Defaults to GUI setup or updated by navigation system
Not Used	21-32	Not used

**Table 15 - SEGD - General header block#3**

### 3.3.6.2 Shot gather SEGY output from Solid-QC

Format : 4-byte IEEE Float format

Byte order : Big endian

Header Name	Bytes	Description	Present?
Reel	5-8	Trace number within the file	Yes
Recordnum	9-12	Original field record number	SP number
Ftrace	13-16	Trace number within field record	Receiver channel
Sourcenum	17-20	SP number	SP number
CDP	21-24	CDP bin number	CDP number
Cdptrace	25-28	Trace number within CDP bin	Variable fold
Offset	37-40	Distance from source to receiver, m (unscaled)	
Rec_ht	41-44	Streamer height above surface (+ve up; streamer tow depth) m (height scale -100)	Yes - fixed
Source_dep	49-52	Source depth beneath surface (+ve downwards) m (height scale -100)	Yes - fixed
Source_water	61-64	Thickness of water column beneath the source (ms)	Yes
Ht_scale	69-70	Scalar to apply to all height coordinates	-100
Coord_scale	71-72	Scalar to apply to all horizontal coordinates	-100
Source_X	73-76	Source point Longitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale -100)	Yes
Source_Y	77-80	Source point Latitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (-DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale -100)	Yes
Rec_x	81-84	Receiver point Longitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale -100)	-
Rec_y	85-88	Receiver point Latitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (-DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale -100)	-
Coord_unit	89-90	4 = degrees (DDMMSSss)	4
Year	157-158	Time of shot (UTC)	Yes
Day	159-160	Time of shot (UTC)	Yes
Hour	161-162	Time of shot (UTC)	Yes
Minute	163-164	Time of shot (UTC)	Yes
Second	165-166	Time of shot (UTC)	Yes
CDP_X	181-184	CDP bin point Longitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (DDMMSS.ss; arcseconds scaled by coord scale -100)	SP no.
CDP_Y	185-188	CDP bin point Latitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (-DDMMSS.ss; arcseconds scaled by coord scale -100)	1

Table 16 – Shot gather SEGY out from Solid-QC - Trace header information

### 3.3.6.3 Stacked SEGY output from Geocluster

Format : 4-byte IEEE Float format

Byte order : Big Endian

Header Name	Bytes	Description	Present?
CDP	21-24	CDP bin number	CDP number
Coord_scale	71-72	Scalar to apply to all horizontal coordinates	-100
Source_X	73-76	CDP bin point Longitude, WGS84 degrees, minutes,	Yes

		seconds (DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale - 100)	
Source_Y	77-80	CDP bin point Latitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (-DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale -100)	Yes
Rec_x	81-84	CDP bin point Longitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale - 100)	-
Rec_y	85-88	CDP bin point Latitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (-DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale -100)	-
Rec_static	101-102	Receiver static correction	
Data_start	111-112	First non-zero sample	
Data_stop	113-114	Last non-zero sample	
Samp_num	115-116	Number of samples in trace	
Samp_rate	117-118	Sample rate in microseconds	

**Table 17 – Stacked SEGY output from Geocluster - Trace header information**

### 3.3.6.4 Migrated SEGY output from SU and Claritas

Format : 4-byte IBM floating point

Byte order : Big Endian

Header Name	Bytes	Description	Present?
CDP	21-24	CDP bin number	CDP number
Coord_scale	71-72	Scalar to apply to all horizontal coordinates	-100
Source_X	73-76	CDP bin point Longitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale - 100)	Yes
Source_Y	77-80	CDP bin point Latitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (-DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale -100)	Yes
Rec_x	81-84	CDP bin point Longitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale - 100)	-
Rec_y	85-88	CDP bin point Latitude, WGS84 degrees, minutes, seconds (-DDMMSSss; arcseconds scaled by coord scale -100)	-
Rec_static	101-102	Receiver static correction	
Data_start	111-112	First non-zero sample	
Data_stop	113-114	Last non-zero sample	
Samp_num	115-116	Number of samples in trace	
Samp_rate	117-118	Sample rate in microseconds	

**Table 18 – Migrated SEGY output from SU and Claritas - Trace header information**

### 3.3.6.5 Final migrated post-processed SEGY out from Python Obspy

Format : 4-byte IBM floating point

Byte order : Big Endian

Header Name	Bytes	Description	Present?
CDP	21-24	CDP bin number	CDP number
Source_X	73-76	CDP bin point easting, UTM 59 S (scalar multiplier 100)	Yes
Source_Y	77-80	CDP bin point northing, UTM 59 S (scalar multiplier 100)	Yes
Rec_x	81-84	CDP bin point Longitude, WGS84 decimal degrees (scalar multiplier 10 000 000)	-

Rec_y	85-88	CDP bin point Latitude, WGS84 decimal degrees (scalar multiplier 10 000 000)	-
Samp_rate	117-118	Sample rate in microseconds	
Data_start	111-112	First non-zero sample	
Data_stop	113-114	Last non-zero sample	
Samp_num	115-116	Number of samples in trace	
Samp_rate	117-118	Sample rate in microseconds	

**Table 19 – Final post-processed SEGY output from Python Obspy - Trace header information**

### 3.3.7 Documentation

All documentation related to the multi-channel seismic system (manufacturer manuals, simplified instructions, version numbers, data formats ...) is available in the Madida database maintained by Genavir: [http:// madida](http://madida)

## **3.4 Sub-bottom Profiler - CHIRP**

### **3.4.1 Introduction**

The R/V L'Atalante has a 3.5 kHz sub-bottom profiler able to image the first few hundred meters of sediments below the sea floor. The sub-bottom profiler data is acquired using the SUBOP software of Ifremer. The transmitted signals are linear frequency modulated pulse with a duration of 10 to 100 ms. The received signal consists of a time series of echoes reflected on sedimentary interfaces.

The data are registered and archived in different files:

- Raw data files, archived directly by the national marine data center SISMER of Ifremer
- Intermediate files: These files are in standard SegY format, preprocessed in order to validate the quality of the data. The data are not corrected for the time delay of the recording window of 250 ms
- The concatenated files: one or more files are concatenated and corrected for the time delay, in order to have a uniform SegY format. Concatenation of several files is only possible if the file size is not too large, and when shot point numbers are continuous.

The sub-bottom profiler, or CHIRP, data are quality controlled and processed with the utilities of the QC\_Subop software (Ifremer/GM) using the following steps:

- Data quality control (navigation, emission signal, delay, noise, signal)
- Correction for acquisition window delay,
- Correction for attitude of the vessel,
- Correction of the amplitude of the signal for spherical divergence,
- Concatenation of files belonging to the same profile,
- Visualization.

### **3.4.2 Data Quality**

The quality of the sub-bottom profiler data depends on several parameters, both related to the natural environment, and to the performance of the instrumentation:

Geological parameters that affect data quality:

- the nature of the substrate
- the presence of faults or other geological structures
- the water depth
- the overall topography of the seafloor being imaged

The following technical parameters also affect data quality:

- signal strength
- gain (signal amplification)

- emission interval (two modes are possible: nested pinging at an interval of about 1 second, or synchronized pinging with emission synchronized with the multi-beam echo sounder)

The QC-Subop software considers the following elements to characterize the quality of the acquired data:

- navigation: the percentage of outliers (determined from the raw profile data) quantifies the number of valid navigation points
- mean interval shot in meters: generally acceptable if less than 10 meters
- the signal to noise ratio also gives an acceptability scale. Quality levels are allocated to the profiles, according to the value in dB of signal to noise ratio:
  - Level 0 (data should not be used): from 0 to 5 dB
  - Level 1 (bad): from 6 to 10 dB
  - Level 2 (acceptable): 11 to 15 dB
  - Level 3 (good): > 15 dB

A summary table was completed during the TECTA voyage, containing the relevant information and quality assessment for all sub-bottom echo sounder. This table can also be used by the national data center, SISMER, to allow faster access to the archived data, based on certain quality and other criteria.

In summary, the processing of the sub-bottom profile data collected during the TECTA survey consists of the following steps, from acquisition to archiving of the data:

1. Acquisition of profiles
2. Copying of the data in a directory named "Raw SBP".
3. Verification of raw input, and data processing with SUBOP QC (quality control of profiler data and positioning).
4. Completing the EXCEL table containing all relevant information for archiving at SISMER
5. Deleting turns in the navigation, if necessary (this was not done for the TECTA survey, as the multi-channel acquisition imposed slow turns, allowing for valid CHIRP data acquisition)
6. Concatenation of consecutive data files belonging to the same profile, depending on size
7. Validation of data and assigning a level of quality
8. Archiving

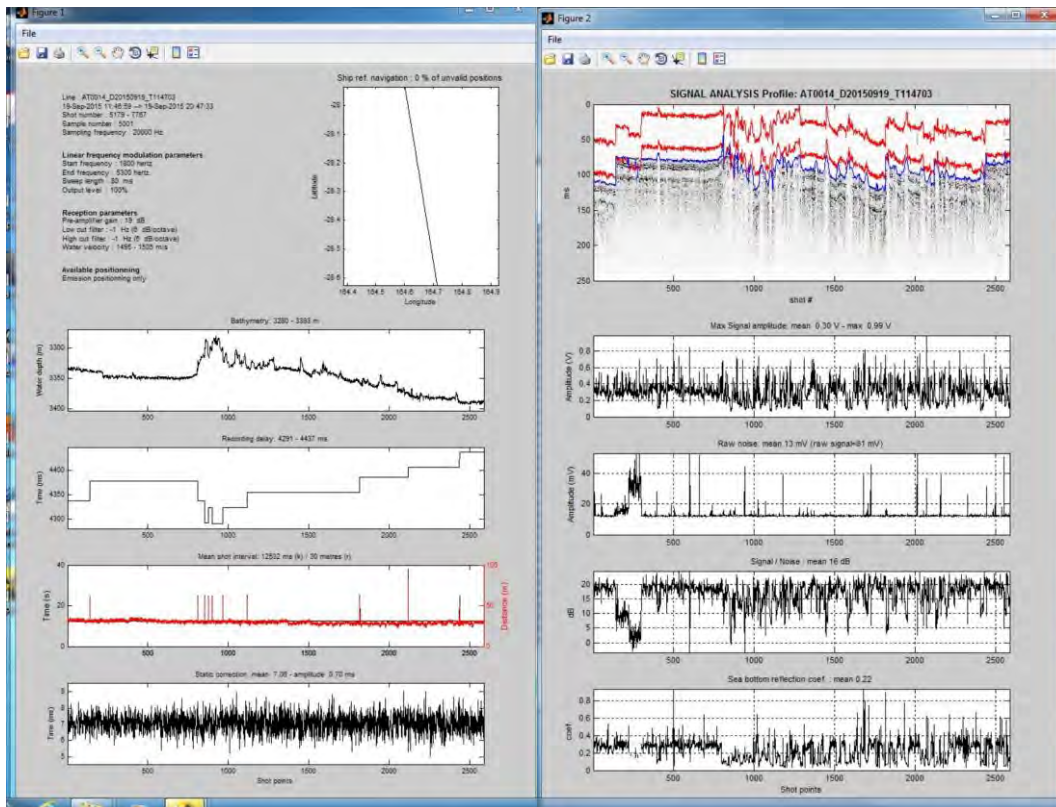


Figure 39 – Screen shot of noise analysis windows from QC SUBOP

### 3.4.3 Folders and data structure related to CHIRP data

Under the TECTA folder on the SCIENCE drive of the Atalante, a specific CHIRP folder contains the data acquired and the different sub-folders related to the quality control and data processing:

- Raw SBP : Data in the Raw SBP folder are copied from the ship’s acquisition drive
- QC Signal : Information on the quality control of each raw data file
- QC\_pdf : PDF files showing the data for each SBP profile
- QC Line information : Information related to each data file, such as start and end times, mean shot interval, navigation, etc.
- Proc\_SBP : Processed SEGY, nav (ascii) and PDFs for all concatenated profile files

The concatenated profile files are corrected for the delay in the recording window, and can be imported directly in the “Kingdom Suite” seismic visualization software.

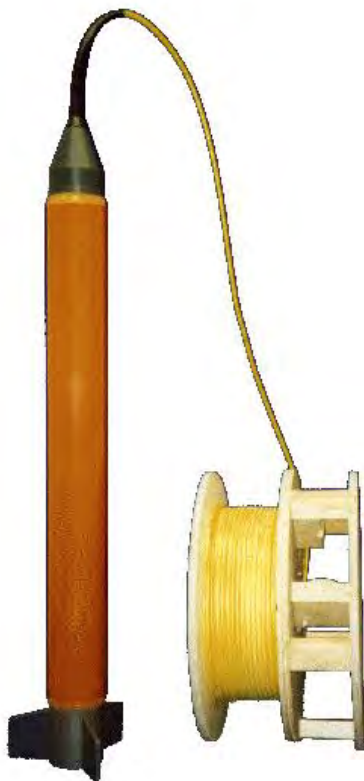


## 3.5 Magnetometer

### 3.5.1 SeaSPY Magnetometer

Source: GENAVIR/SQAE 01/06/04 Fiche DINES

A magnetometer measures the magnetic intensity, the measuring unit being Tesla. The earth generates a magnetic field which produces a flux density ranging from 18 microTesla near South America to 60 microTesla around the Arctic Circle. The air in the flux density is directly proportional to the magnetic field, the magnetometer can detect the changes in that field. Dynamic fluctuations in the magnetic field are due to the activity of the Earth's core, to solar activity, or magnetic storms in space. On the other hand, static anomalies are due to the magnetization of different components of the Earth's crust and upper mantle. It is this component that interests us in this particular case. The SeaSPY magnetometer provides a local measure of the intensity of the geomagnetic field. It is based on the principle of the proton precession.



The device consists of a submerged sensor towed behind the vessel, a coaxial cable, a connecting cable "bridge", an RS 232 interface and power supply housing, connected to a single PC. The sensor towed behind the research vessel so that the influence of the ship's magnetism is negligible as compared to the measurement noise. A rule of thumb is to tow the magnetometer at a distance of at least 3 times the length of the ship. During multi-channel seismic surveys, the magnetometer is towed behind the tail buoy of the streamer, and is, hence, well beyond the minimum required distance from the vessel.

The accuracy of the measurement is of the order of 0.2 Gamma (or 0.2 nanoTesla);  $10^{-9} = 10^{-5}$  Tesla Gauss =  $10^{-5} = 10^{-9}$  Oersted Webers / m<sup>2</sup> = 1 Gamma). The sensor has a measuring range of from 20000 to 120000 Gammas.

← SeaSPY magnetometer and cable

A standard magnetometer uses the property of protons that behave as a magnetic gyroscope (spin). A strong current is applied to a coil in the sensor. The resulting magnetic field polarizes the protons of a liquid (kerosene) in the direction of the axis of the coil. The current is then stopped as is the magnetic field generated: the protons 'gyros' are then subjected to the Earth's magnetic field whose direction is different from that of the initial polarization. This results in a Larmor precession frequency (approximately 2000 Hz for a field of 50000 gammas) proportional to the field strength. The bias coil also serves to collect an

induced voltage (through the precession) of low amplitude and rapidly decreasing on which will be made a measure of frequency.

Unlike the standard magnetometer, which uses strong direct current for polarization before each measurement, the Overhauser magnetometer is constantly polarized by a high frequency low power source and it uses the principle of Nuclear Magnetic Resonance. If a material containing protons undergoes a high frequency alternating polarization, protons will precession around the direction of the absolute field at a frequency proportional to the applied field ( $f = 42.4763751 \text{ MHz / T}$ )

The sensor therefore can give valid measurements of the magnetic field while being polarized, allowing a measurement interval ranging from 10 seconds to 1/4 seconds without loss of sensitivity (0.015 nTesla) .The system is entirely numerical and has an omni directional sensor, a pressure sensor and a humidity sensor integrated within the tow-fish.

Characteristics of the measurements

A magnetometer is a rather sensitive device and its measurement can be altered by environmental factors. Among the factors that may influence the quality of the measurements, we can note the electromagnetic environment in which the sensor is placed, and notably the distance to the ship.

On the other hand, the intensity of Earth's magnetic field is subject to various changes over time. These temporal variations include:

- The diurnal variation which can reach 100 nT in amplitude can be observed,
- In addition, at any time of day or night, there are shorter period of microwave pulses that can reach tens of nanoTeslas.
- Solar storms can last one day and cause variations of several hundred nanoTeslas.

A detailed knowledge of the magnetic field would require the registration of these variations by a moored base station in the survey area, in order to correct the ship-borne measurements. Such corrections are often applied on land, during aeromagnetic surveys. However, at sea this is rarely done, and the R/V L'Atalante does not have the necessary instrumentation to have such a reference base station.

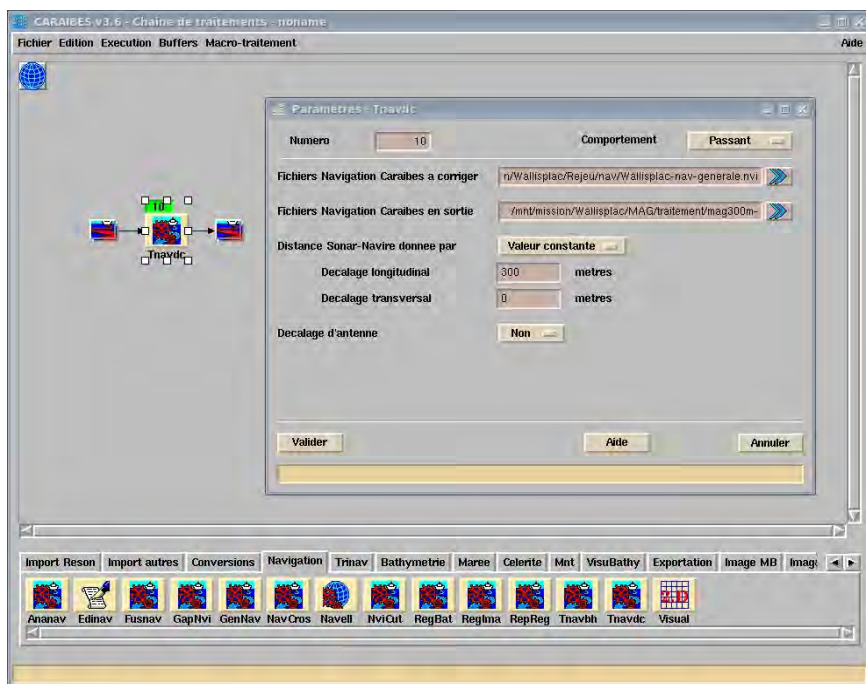
### **3.5.2 Processing**

The magnetic data are acquired and backed-up by the Techsas on board system in two formats: NetCDF (\*.mag) and ASCII (\*.MAGNE). The data need to be combined with the navigation file of the survey (\*.nvi) provided by the ship operator Genavir on a daily basis.

#### **3.5.2.1 Correction of navigation offset**

To correct for the distance between the tow-fish and the vessel, one uses the Navigation/Tnavdc module of Caraïbes

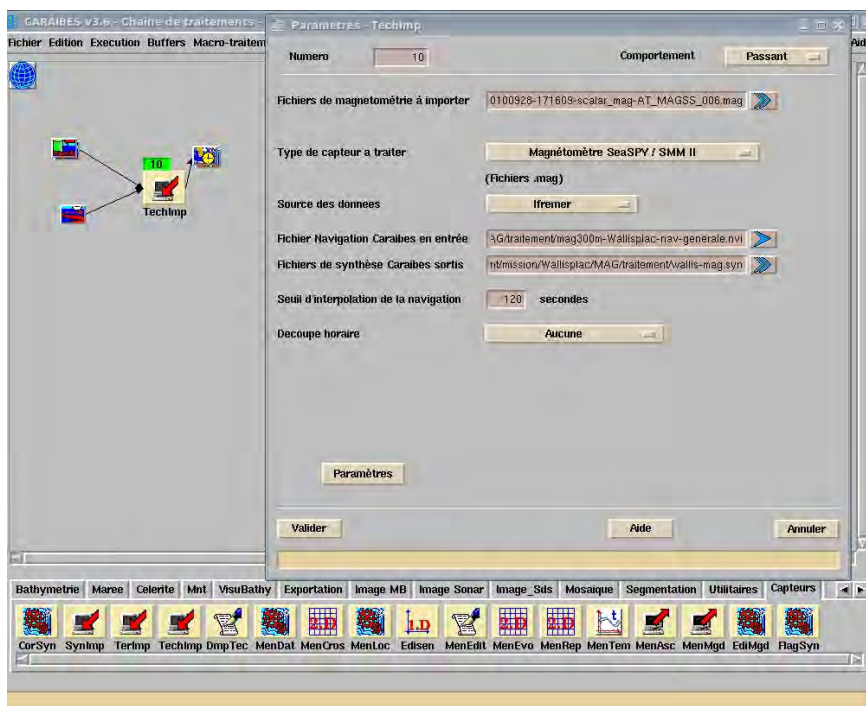
The offset is applied positively from the stern. The offset is 4850 meters from the reference point for the TECTA Cruise.



### 3.5.2.2 Merging data with navigation

2 modules are available depending on the files used:

- import files with file extension .mag: Module Caraïbes / Capteurs / TechImp
- import files with file extension .MAGNE: Module Caraïbes / Capteurs / TerImp

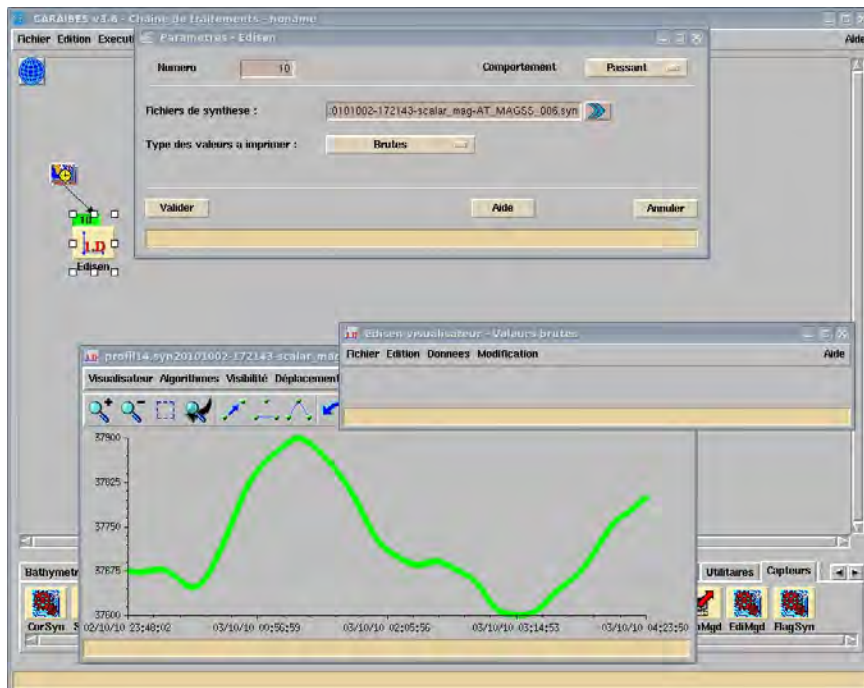


The two modules are fairly similar. During the TECTA Cruise the TechImp module was used primarily.

### 3.5.2.3 Data Correction

The editing of data from the file created above, can be done with Caraïbes Module / Sensor / Edisen.

In the Edisen Module, the total magnetic field and the magnetic anomaly data are displayed independently. Corrections or removal on one of the data sets is not automatically repeated on the other data set. Saving of the editing operations is done by either "*Edisen/Fichier/Enregistrer*" or in the data viewer "*Visualisateur/Enregistrer*"



### 3.5.2.4 Exporting data to ascii

The total field magnetic data and the magnetic anomaly data can be exported in Ascii using the Caraïbes Module / Sensor / Menasc

### 3.5.2.5 Profile Selection

It is possible to create a file to separate the entire data set in profiles. The Caraïbes module Navigation / Ananav is used to create the selections. The output file can then be used within the TechImp module in order to select parts of the data set, based on day/time criteria (for example to remove turns from the data set, so required). For the TECTA voyage, no such selection was made.



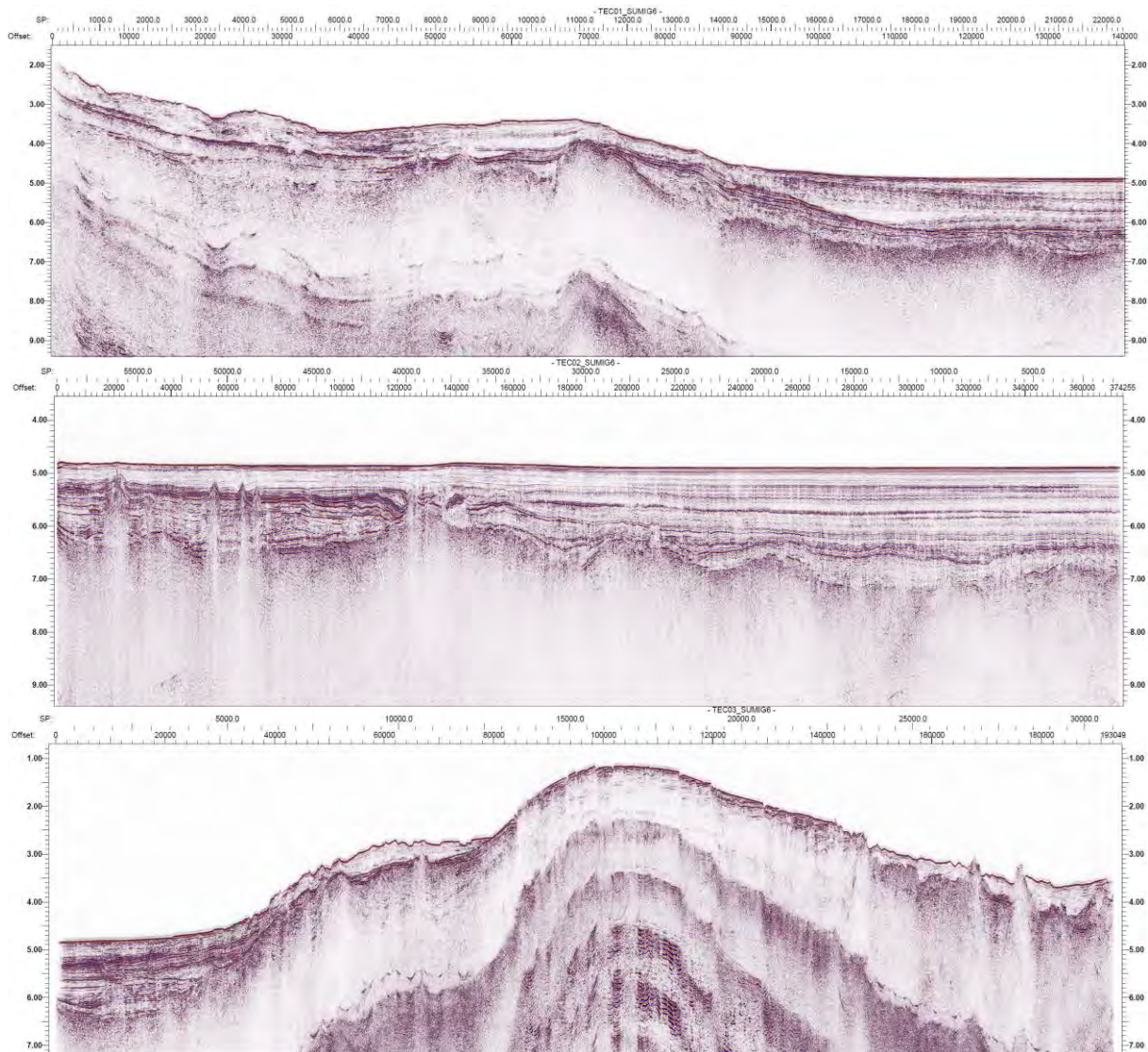
n=none required; d=delay start of firing; s= shutdown; p=power-down; x=power-down followed by shutdown



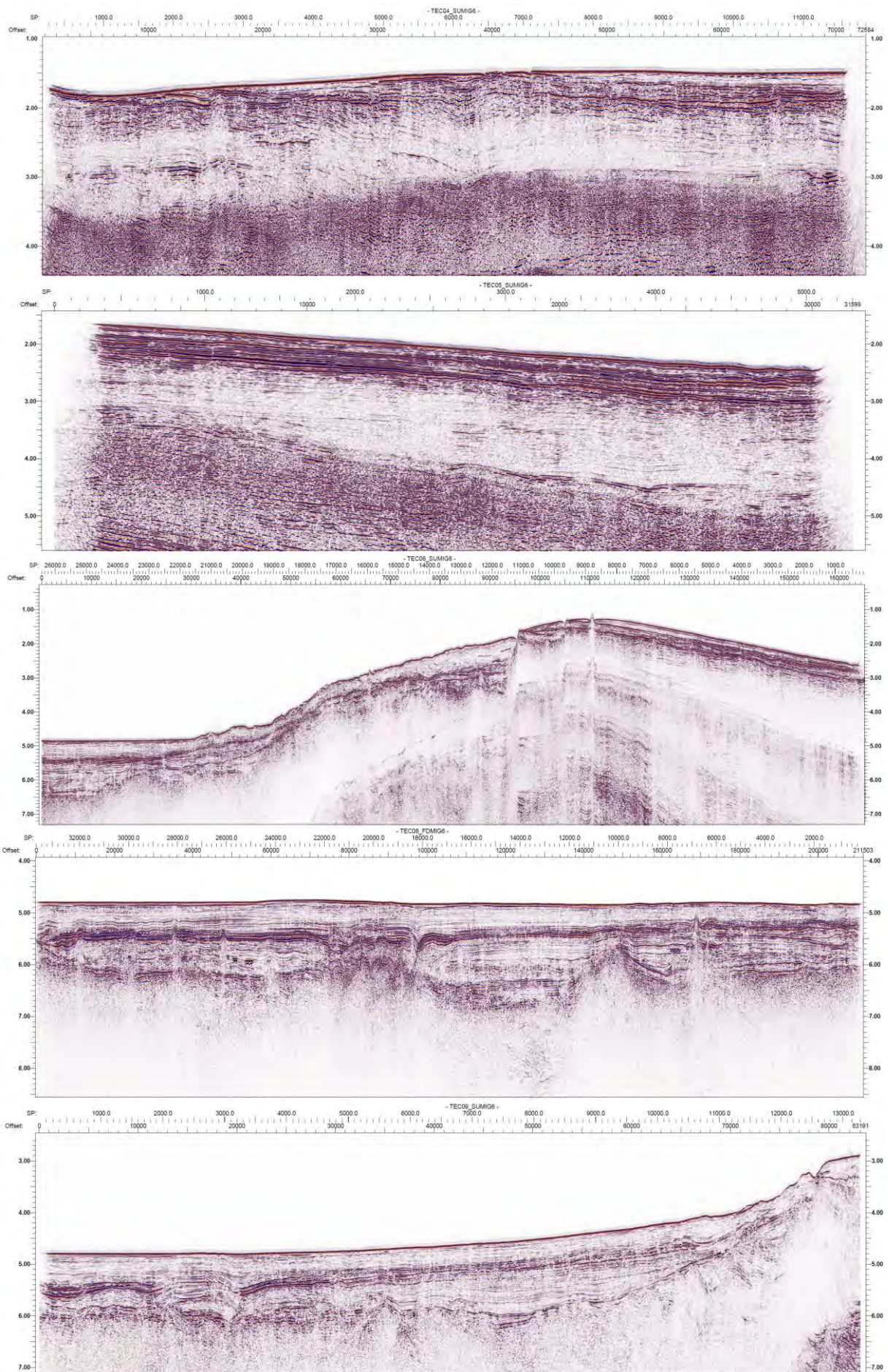
## 4 APPENDIX 4 – Seismic Data Images

The following sections show images of the seismic data collected during the TECTA voyage, for ease of reference. In section 4.1, the multichannel seismic profiles are shown, whereas section 4.2 shows icon images for each profile of the CHIRP sub-bottom profiler.

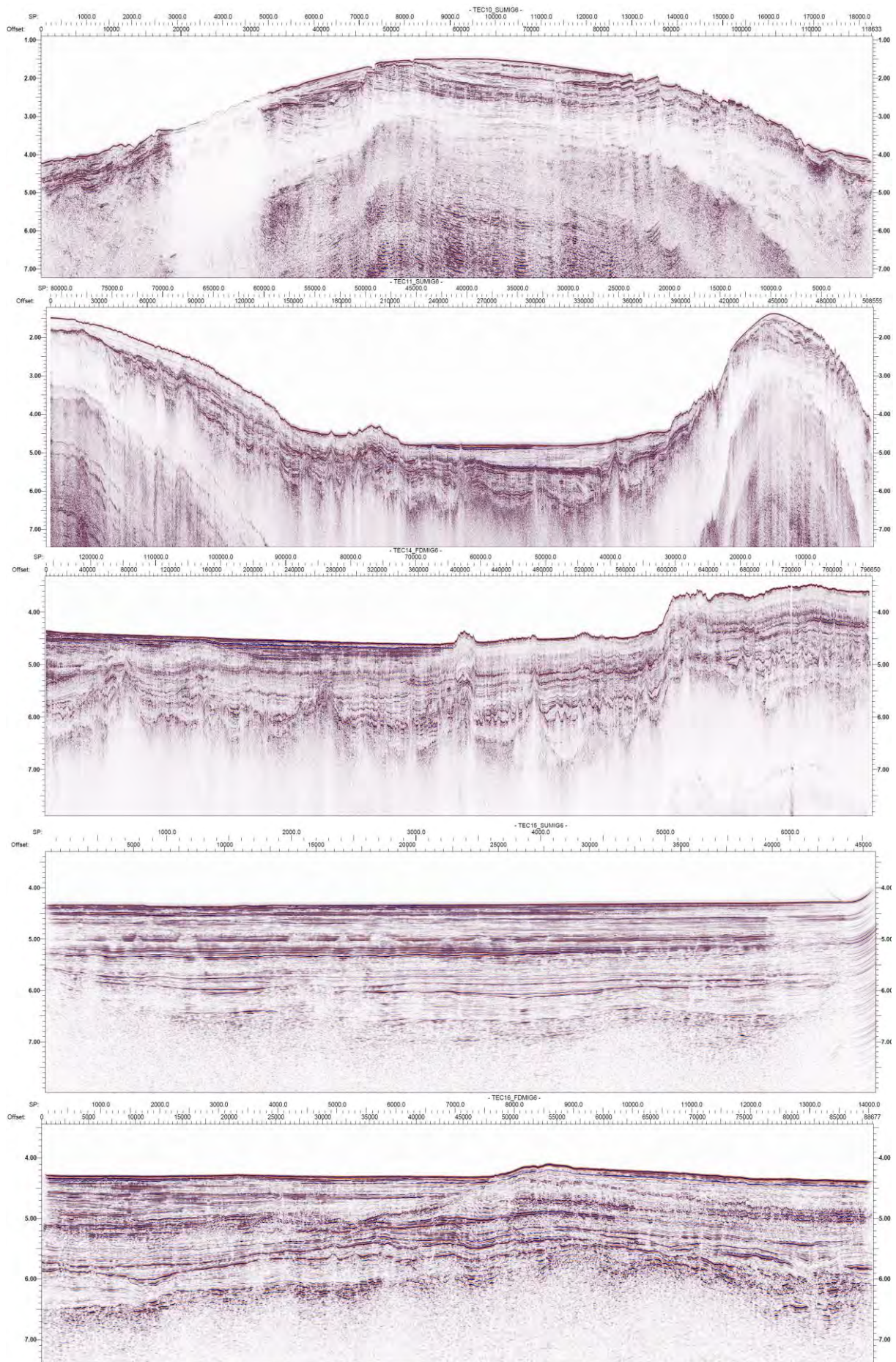
### 4.1 Seismic profiles



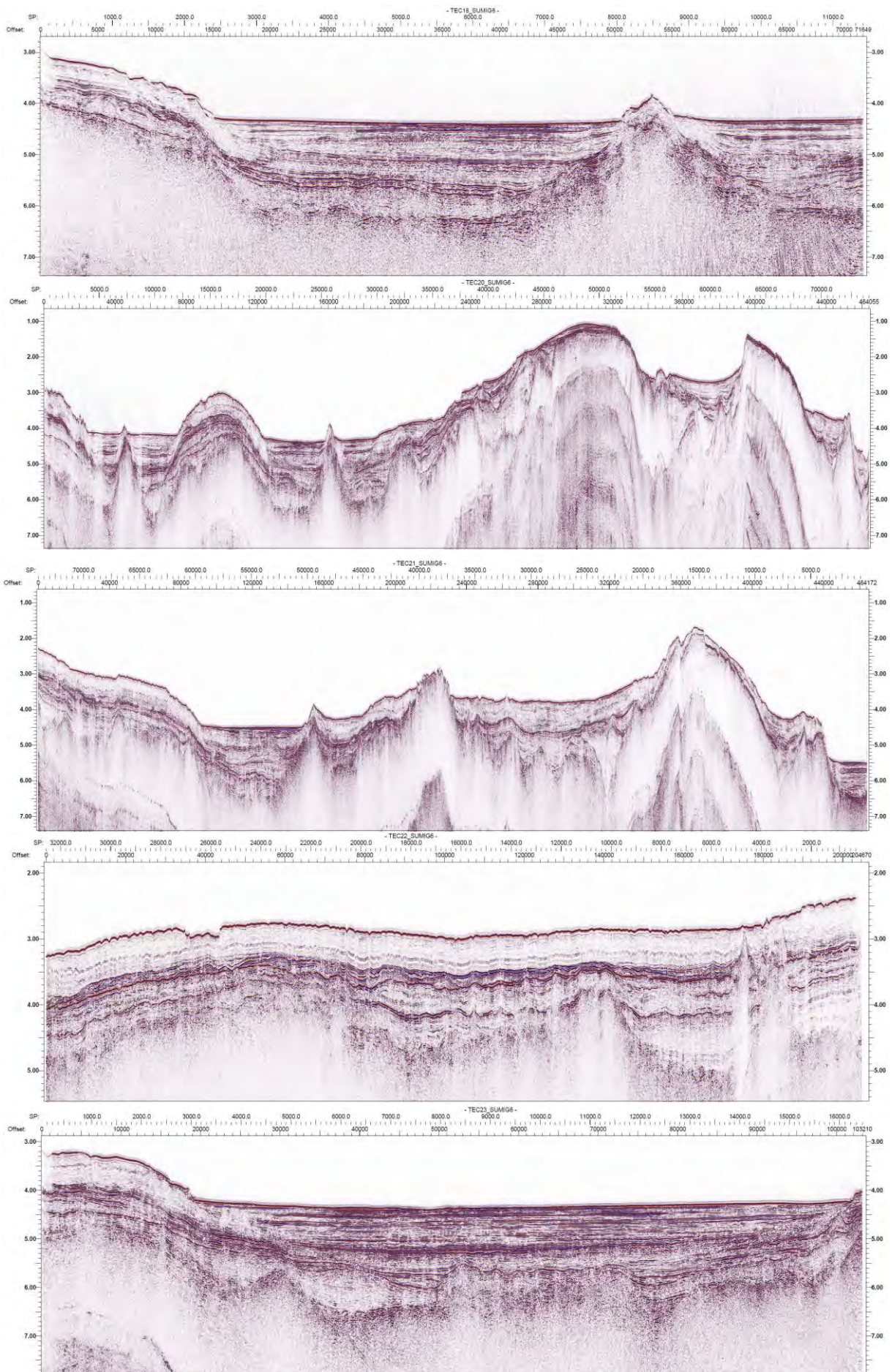




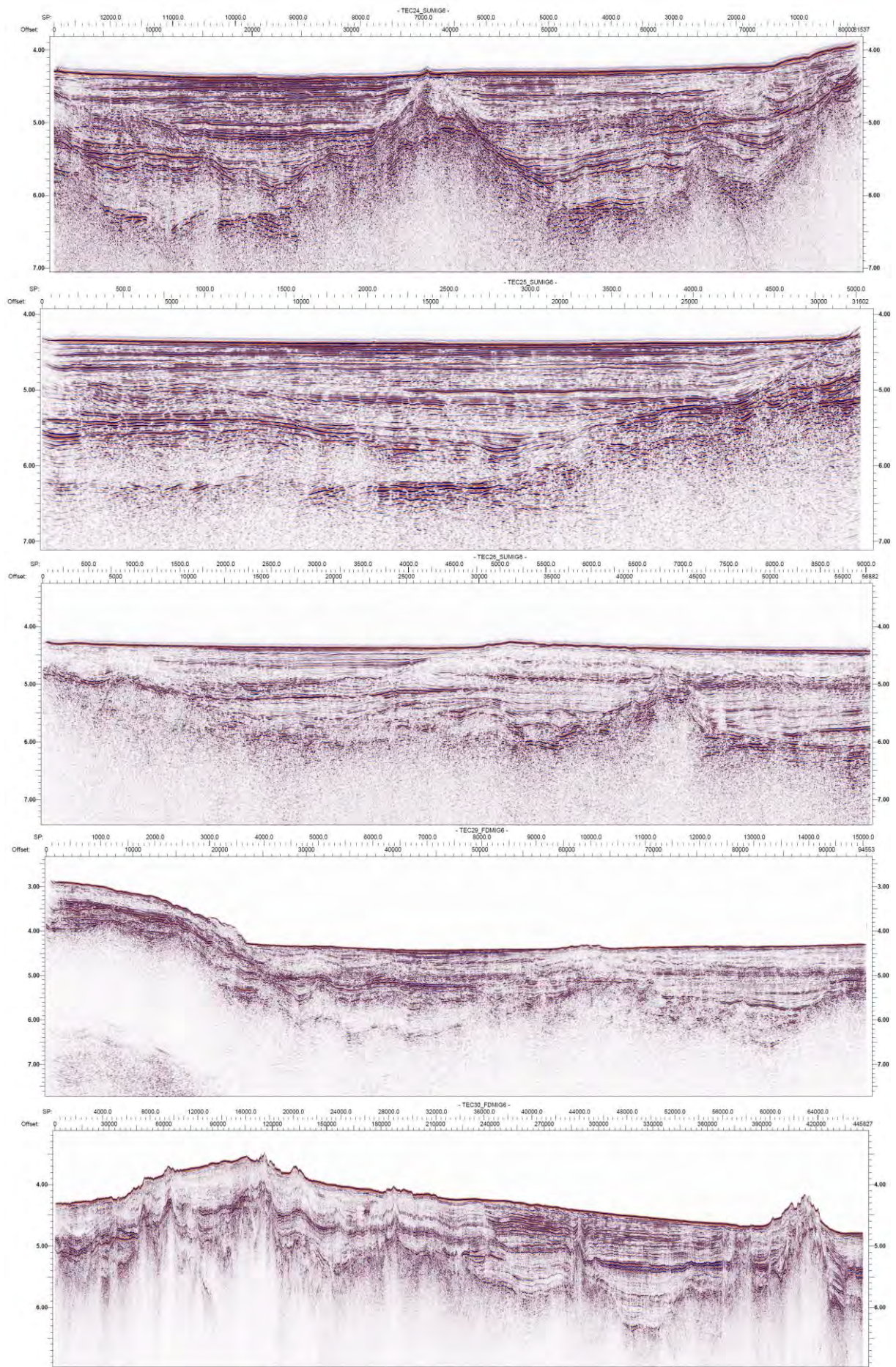




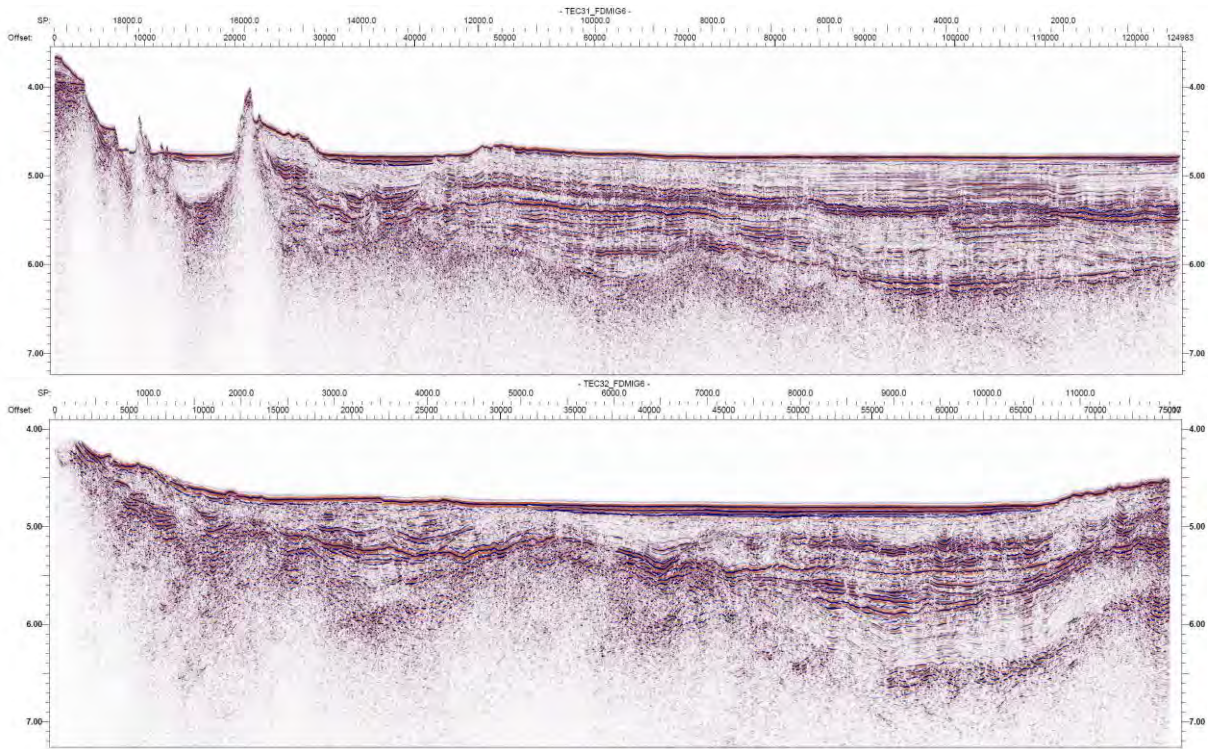




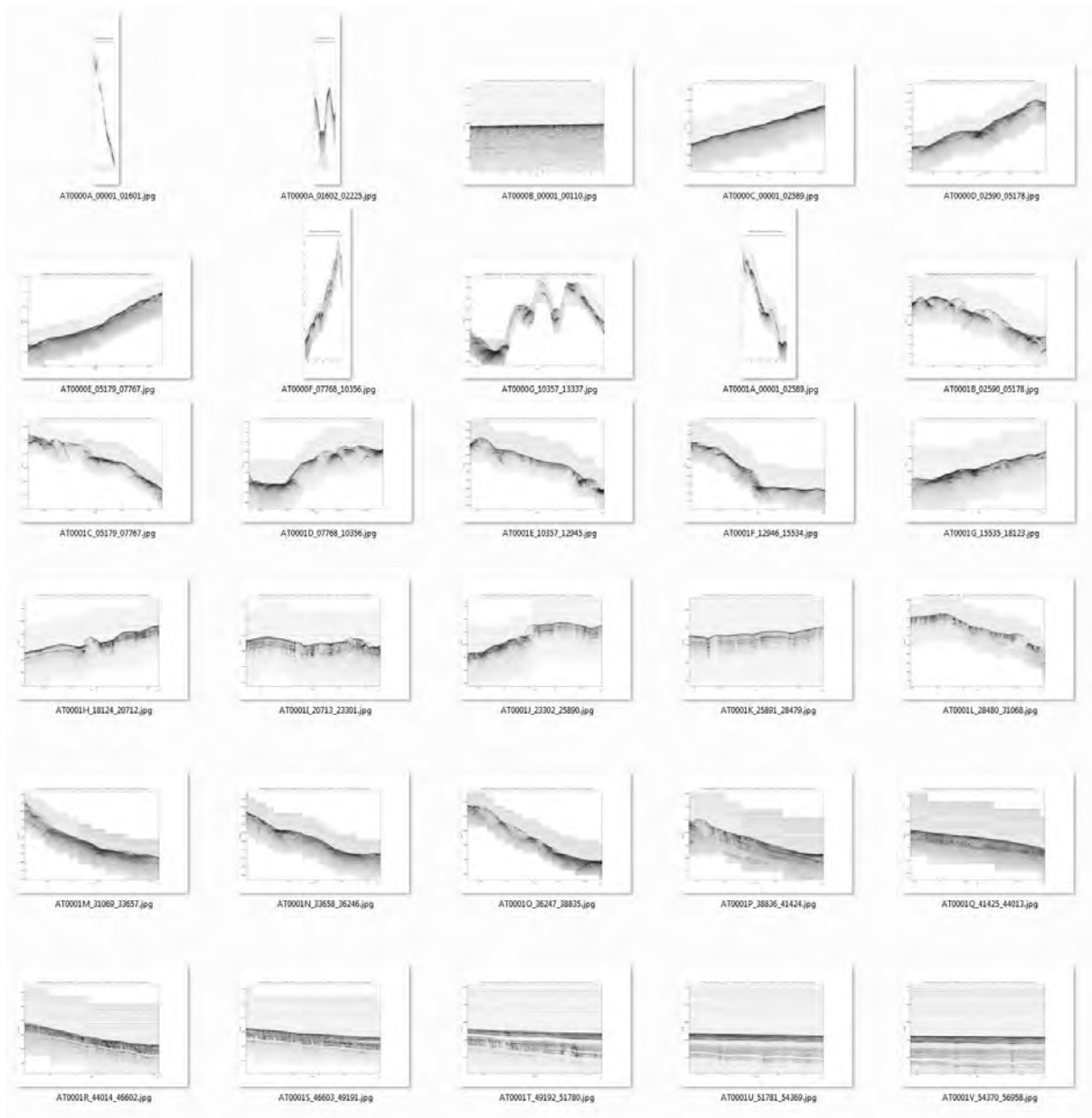


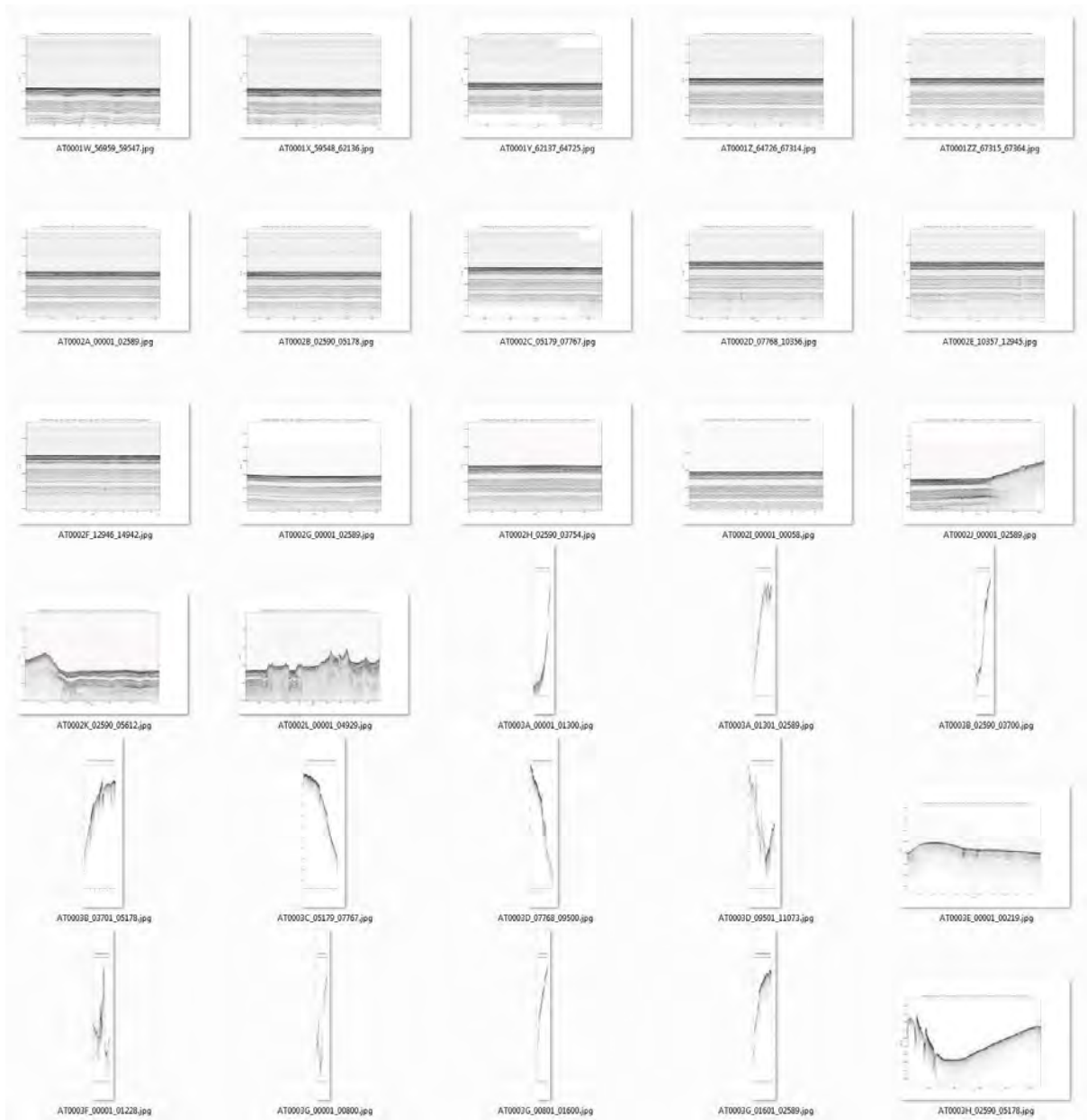


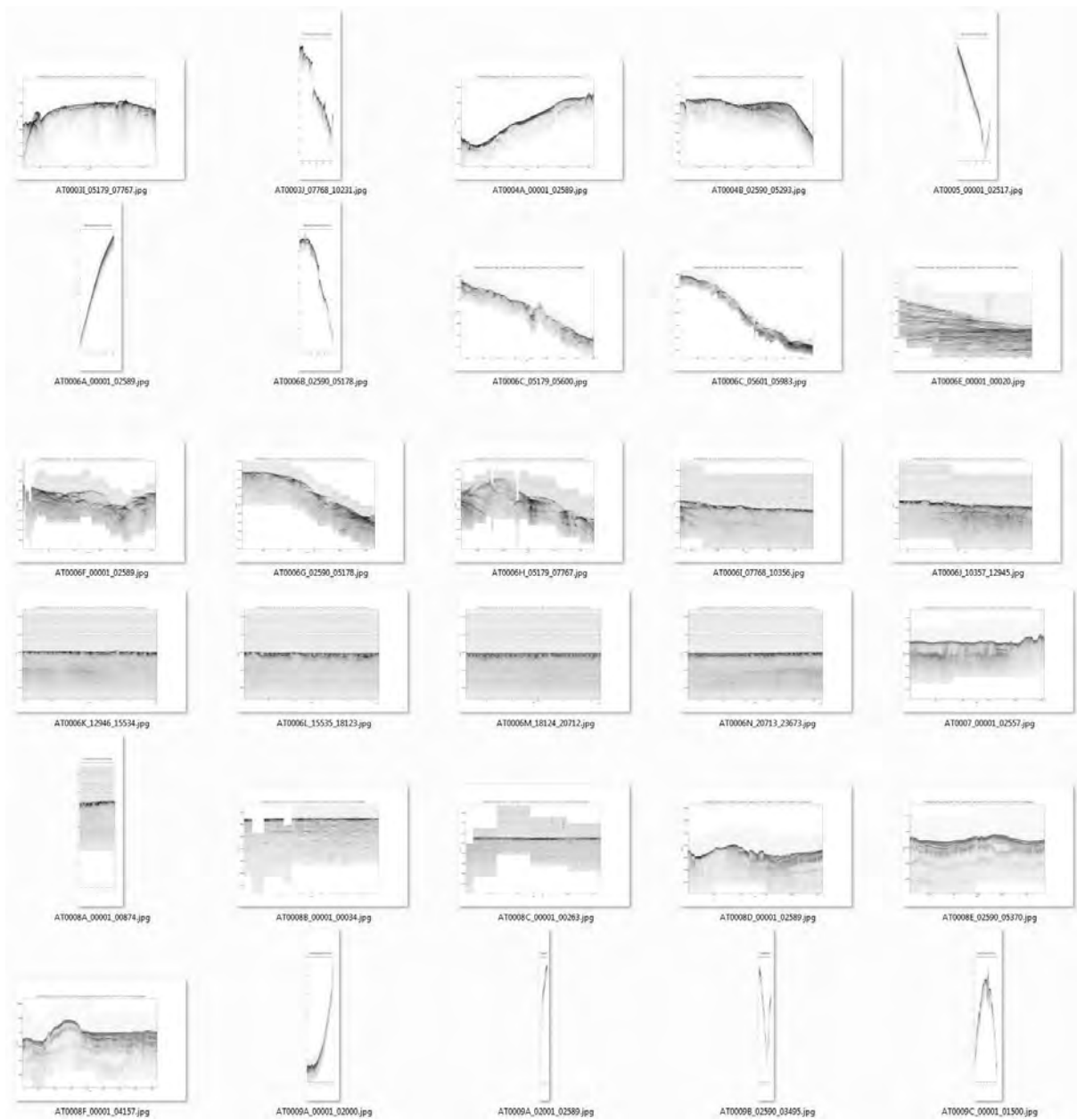


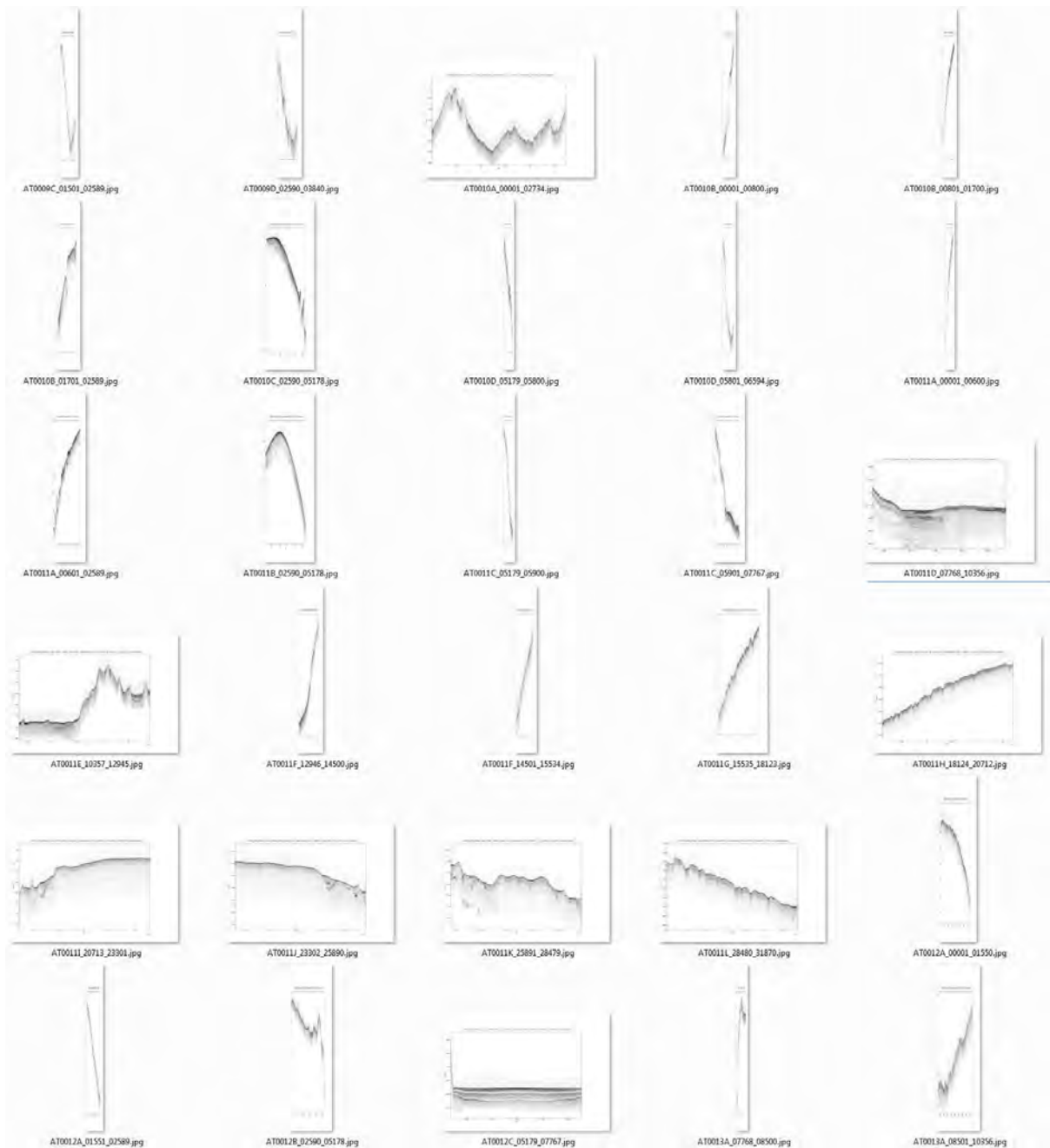


## 4.2 Sub-bottom profiles

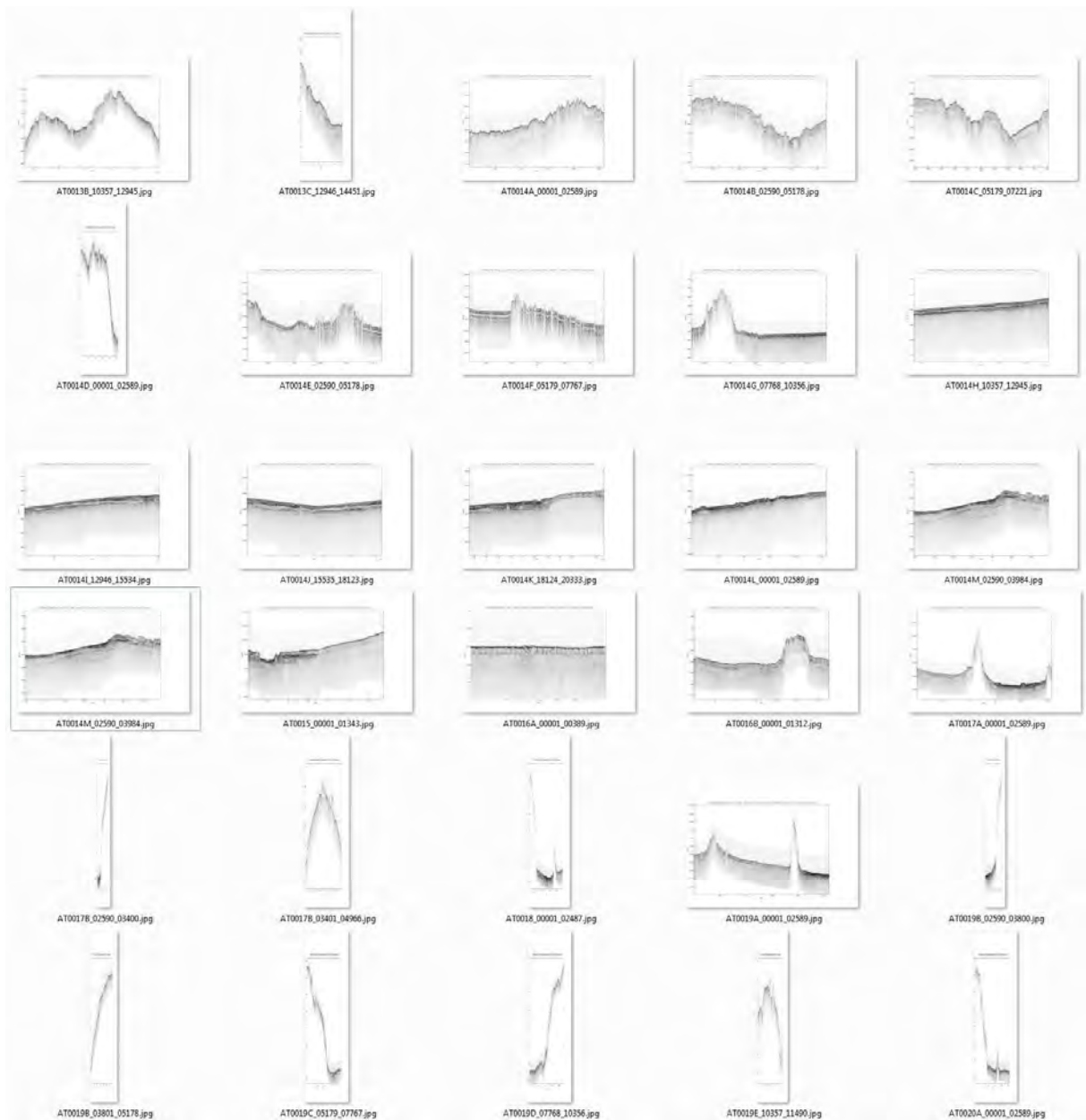


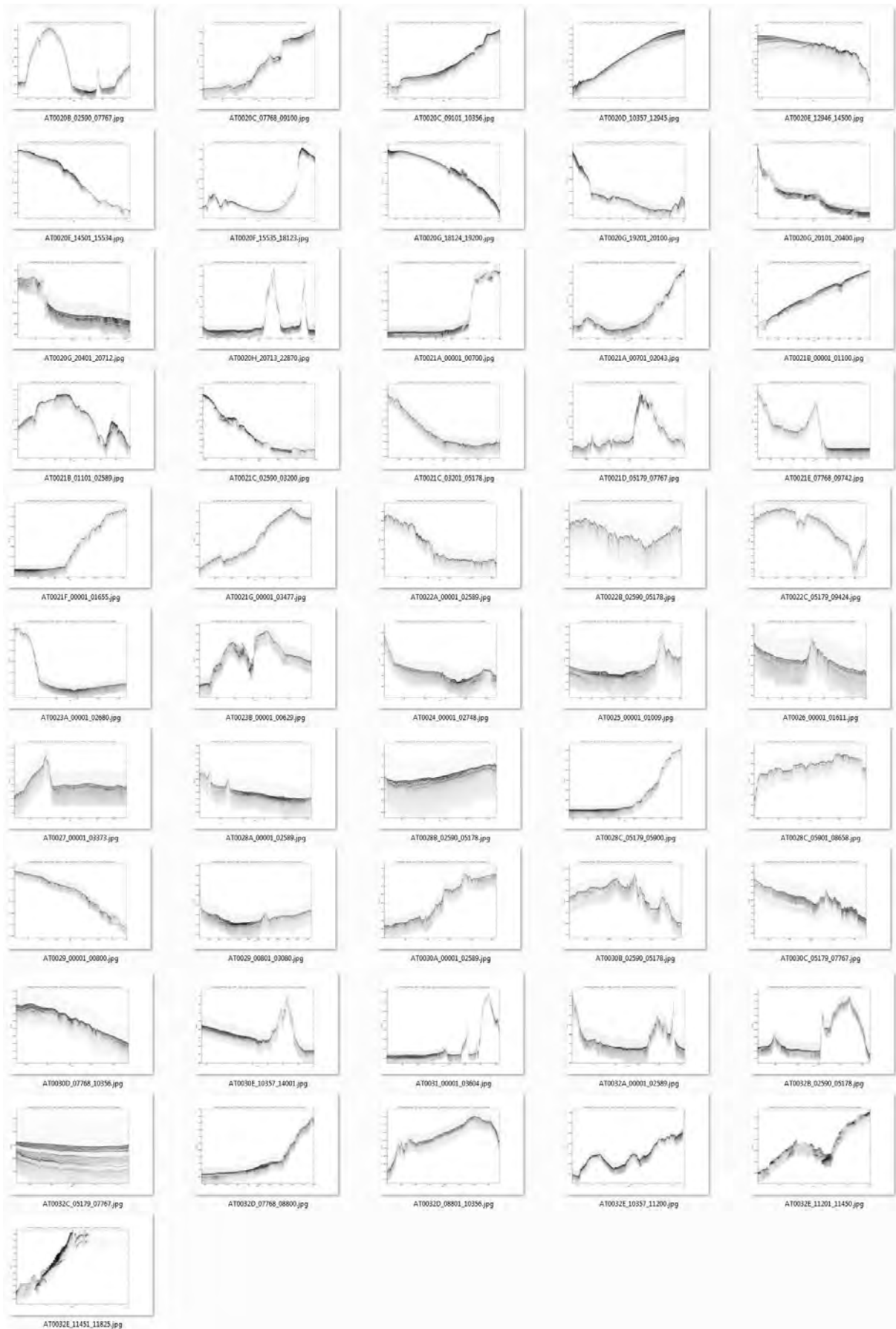












## **5 APPENDIX 5 – Authorizations for Marine Scientific Research**

### ***5.1 Authorizations***

The TECTA voyage was planned to cover the waters under three different jurisdictions: New Caledonia, Australia and New Zealand. About 6 months before the survey, the appropriate actions were taken to inform the authorities of the intention to perform marine scientific research in areas under their jurisdiction and to obtain the relevant authorizations. In the following section, the authorizations received from New Caledonia, Australia and New Zealand are presented.

Despite having obtained the authorization, the TECTA voyage was not able to go into the waters under the jurisdiction of New Zealand as a result of operational constraints. In particular, delays caused by the presence of marine mammals, notably along the western flank of the Norfolk Ridge, and by technical problems related to the air guns as well as due to bad weather, caused the southern segment of the TECTA voyage to be cancelled.

At the same time, due to these changes in the itinerary, more time had to be spent in waters under Australian jurisdiction. For this, it was necessary to request a two day extension for the authorization from the Australian authorities (originally from 6 September to 6 October), so as to include the 7<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> of October 2015. Thanks to the reactivity of the Australian authorities, this extension was obtained (see paragraph 5.3.2 below).

## 5.2 New Caledonia

REPUBLIQUE FRANCAISE

NOUVELLE-CALEDONIE

-----  
GOUVERNEMENT  
-----

N° 2015-1429/GNC

du 21 JUIL. 2015

Ampliations :

H-C	1
Affaires maritimes	1
Gendarmerie Nationale	1
Provinces	3
Marine nationale	1
Intéressé	1
Archives	1

### ARRETE

**autorisant l'institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) à mener la campagne scientifique TECTA dans le parc naturel de la mer de Corail**

Le gouvernement de la Nouvelle-Calédonie,

Vu la loi organique modifiée n° 99-209 du 19 mars 1999 relative à la Nouvelle-Calédonie ;

Vu la loi modifiée n° 99-210 du 19 mars 1999 relative à la Nouvelle-Calédonie ;

Vu la délibération n° 51/CP du 20 avril 2011 relative à la définition des aires protégées dans l'espace maritime de la Nouvelle-Calédonie et sur les îles appartenant à son domaine public ;

Vu la délibération n° 34 du 22 décembre 2014 fixant le nombre de membres du gouvernement de la Nouvelle-Calédonie ;

Vu la délibération modifiée n° 2015-26D/GNC du 3 avril 2015 chargeant les membres du gouvernement de la Nouvelle-Calédonie d'une mission d'animation et du contrôle d'un secteur de l'administration ;

Vu l'arrêté n° 2015-4082/GNC-Pr du 1<sup>er</sup> avril 2015 constatant l'installation des membres du gouvernement de la Nouvelle-Calédonie ;

Vu l'arrêté n° 2015-4084/GNC-Pr du 1<sup>er</sup> avril 2015 constatant la prise de fonctions du président et du vice-président du gouvernement de la Nouvelle-Calédonie ;

Vu l'arrêté n° 2015-5972/GNC-Pr du 3 juin 2015 constatant la fin de fonctions de M. André-Jean LEOPOLD et la prise de fonctions de Mme Hélène IEKAWÉ en qualité de membre du gouvernement de la Nouvelle-Calédonie ;

Vu l'arrêté n° 2014-1063/GNC du 23 avril 2014 créant le Parc naturel de la mer de Corail ;

Sur proposition du directeur des affaires maritimes,

## ARRETE

**Article 1<sup>er</sup>** : L'institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) est autorisé à mener la campagne océanographique «TECTA» (Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area) dans le parc naturel de la mer de Corail entre le 02 septembre et le 10 octobre 2015.

Le navire de support des opérations est le suivant :

nom	: ATALANTE
pavillon	: Français
n° d'immatriculation	: 8716071
adresse de l'organisme responsable	: IFREMER, 155 Avenue Jean-Jacques Rousseau, 92138 Issy Les Moulineaux
jauge brute (UMS)	: 3 559
longueur hors tout (m)	: 84,60
vitesse moyenne (nœuds)	: 11
indicatif radio	: FNCM

**Article 2** : Les travaux autorisés consistent à acquérir des données géophysiques (sismique réflexion multitrace, gravimétrie, magnétisme, bathymétrie multifaisceau, sondeur de sédiments) dans la zone comprenant les rides de Norfolk, de Lord Howe et les bassins de Nouvelle Calédonie et de Fairway, afin de comprendre un événement tectonique majeur ayant conduit, entre autres, à l'émersion de la Grande-Terre.

**Article 3** : Durant toutes les opérations de sismique de la mission, une observation continue 24h/24 des mammifères marins sera effectuée, par trois observateurs et deux opérateurs PAM (Passive Acoustic Monitoring), indépendants de l'équipe scientifique, qualifiés et expérimentés.

**Article 4** : Le protocole de contrôle des risques sonores pour les mammifères marins AS-2013-46 du 19 juillet 2011 établi par l'IFREMER sera suivi pour la campagne TECTA. En tant que de besoin et en fonction du retour des deux observateurs ayant embarqué sur la campagne VESPA entre le 15 mai et le 30 juin 2015, la Nouvelle-Calédonie pourra proposer des éléments de précisions au protocole AS-2013-46. Ces éléments seront notifiés à l'IFREMER au moins 15 jours avant le début de la campagne TECTA et seront mis en œuvre sous réserve de faisabilité technique et logistique.

**Article 5** : Le navire ATALANTE transmettra son programme précis de navigation dans le parc à la direction des affaires maritimes 24 heures avant son entrée dans le parc, ainsi que la route effectivement suivie pendant la mission dans un délai de 24 heures après sa sortie du parc. La position du navire sera également transmise quotidiennement par e-mail ([parc\\_mer\\_de\\_corail.dam@gouv.nc](mailto:parc_mer_de_corail.dam@gouv.nc)) ou par fax (28.72.86) durant la période passée à l'intérieur du parc.

**Article 6** : Dans un délai d'un an maximum après la fin de la campagne, l'IFREMER transmettra au gouvernement de la Nouvelle-Calédonie l'intégralité des données collectées, ainsi que les rapports préliminaires et définitifs.

**Article 7** : Dans un délai de 6 mois maximum après la fin de la campagne, les observateurs embarqués transmettront au gouvernement de la Nouvelle-Calédonie un rapport détaillé de leurs observations, conformément au protocole établi pour cette campagne.

**Article 8** : L'autorisation de travaux scientifiques accordée par le présent arrêté n'exempte pas les membres de l'expédition du respect des mesures réglementaires applicables et qui ne sont pas concernées par le présent arrêté.

**Article 9** : Le non-respect des dispositions des articles 3 à 8 du présent arrêté entrainera le retrait immédiat de l'autorisation.

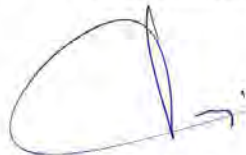
**Article 10** : Le présent arrêté sera notifié à l'intéressé et transmis au haut-commissaire de la République en Nouvelle-Calédonie.

Le membre du gouvernement  
chargé de l'aménagement foncier, des  
affaires coutumières, de l'écologie et du  
développement durable



Anthony LECREN

Le président du gouvernement  
de la Nouvelle-Calédonie



Philippe GERMAIN

N.B. : Le présent arrêté peut faire l'objet d'un recours devant le tribunal administratif dans le délai de trois mois à compter de sa notification.

## 5.3 Australia

### 5.3.1 Approval for Marine Scientific Research, 6 September to 6 October 2015



N° LGB 15/196

The Department of Foreign Affairs and Trade presents its compliments to the Embassy of France and has the honour to refer to the latter's Note 2015-635515 of 6 July 2015 for the French Research Institute for Exploitation of the Sea requesting Public Vessel Status for the vessel *L'Atalante* to undertake marine scientific research within the Australian Exclusive Economic Zone from 6 September to 6 October 2015.

The Department has the honour to inform the Embassy that the Australian Government, in accordance with the *United Nations Convention on the Law of the Sea*, has approved marine scientific research by the vessel. The Department has the honour to remind the Embassy that, in accordance with Australia's Foreign Research Vessels Guidelines and Article 249(b) and (d) of the *United Nations Convention on the Law of the Sea*, it is a condition of approval that the results of any research be made available to the Department of Foreign Affairs and Trade as soon as practicable.

The Department has the honour to inform the Embassy of France that the Australian Government has approved the vessel's transit during the course of its marine scientific research as noted above, subject to the following conditions:

#### Quarantine

Under section 27A of the *Quarantine Act 1908* (the Act) a master of a vessel is required to report prescribed information on a Quarantine Pre-Arrival Report (QPAR) to the Department of Agriculture, formally known as the Australian Quarantine and Inspection Service (AQIS) between 12-96 hours prior to the estimated time of arrival.



QPARs provide important information to enable appropriate risk assessments to be undertaken on the vessel. Current arrangements require that QPARs must be submitted to the Department of Agriculture Maritime National Co-ordination Centre (MNCC) within the stipulated timeframe in order to receive an Approval to Berth (ATB). Failure of a vessel or its agent to submit a QPAR represents a breach of the Act. The QPAR is available on the Department of Agriculture website at the following link: [QPAR](#). The vessel is also required to hold a valid Ship Sanitation Control or Ship Sanitation Control Exemption Certificate.

Vessels that intend to discharge ballast water inside Australia's territorial sea must manage the ballast water in accordance with the Department of Agriculture [Australian Ballast Water Requirements](#). Unmanaged ballast water from foreign sources is deemed to pose a high-risk to Australia's marine environment and biosecurity status and must not be discharged in Australian ports or waters. Vessels must keep real-time records of their ballast water management operations and complete the [AQIS Ballast Water Management Summary form](#) for every voyage to Australia. This form must be sent to [maritimencecc@agriculture.gov.au](mailto:maritimencecc@agriculture.gov.au) for assessment.

Vessels must retain all ballast water records in the AQIS Ballast Water Management Summary Sheet and any relevant vessel logbooks, and make these available to the Department of Agriculture officers on request during the routine vessel inspection and throughout the vessel's stay in Australian waters.

A routine vessel inspection will be conducted on arrival and involves an assessment by the Department of Agriculture of any potential animal, plant or human biosecurity issues that the vessel may pose. The Department of Agriculture may bond, seize and/or treat items that present a biosecurity risk. These items may include food, personal effects, waste, live plants and live animals.

The Department of Agriculture has increased general surveillance of all vessels (including crew) and prior permission to remove goods from vessels is required. The Department of Agriculture will also ensure that all biosecurity waste arrangements are



strictly adhered to by visiting vessels.

All vessels, passengers and crew (both disembarking and day tripping) are subject to biosecurity clearance. Those persons found to be in contravention of biosecurity requirements by failing to declare biosecurity items on the 'Incoming Passenger Card' and/or giving false information to a quarantine officer, in relation to goods being taken off the vessels, may face penalties of up to \$220, and/or prosecution and/or imprisonment.

Vessels intending to enter an Australian non-proclaimed first port of entry and /or subsequent port of call must seek prior approval in writing from the Department of Agriculture under section 20AA and section 33 of the *Quarantine Act 1908*. For further information please refer to the following link [s20AA & s33 application forms](#)

For further information on the pre-arrival process for vessels greater than 25 metres in length please contact the Department of Agriculture Maritime National Co-ordination Centre (MNCC) 7 days a week from 06:30 – 18:30 in every time zone of Australia. The contact details for the MNCC are: Ph 1300 004 605, Fax 1300 005 882 and E-mail [maritimencec@agriculture.gov.au](mailto:maritimencec@agriculture.gov.au). I also encourage all relevant employees to familiarise themselves with the requirements which are available at <http://www.daff.gov.au/biosecurity/avm/vessels>.

### Fisheries

Some foreign vessels will need to apply for *additional* clearances from the Australian Fisheries Management Authority (AFMA). Application for these clearances should be made as part of the public vessel status application.

In accordance with the *Fisheries Management Act 1991*, all foreign vessels that have a capacity to fish are required to complete a 'Port Permit Application' to gain access to Australian ports. Such applications must be made to AFMA (through DFAT) in the approved form (PP – Application for Port Permit). A fee is payable in respect of Port Permit Applications, but the fee is refunded should PVS be granted.

All fishing gear must be stowed and secured while in the Australian Fishing Zone. The vessel's freezer plans are to be made available for inspection on request. No fish are to be unloaded. A copy of the vessel's declaration of catch is to be provided to the Australian Fisheries Management Authority.

#### Request for Data Specifications

##### *Multibeam and Sound Velocity Profiles*

Geoscience Australia (GA) requests the provision of any raw and processed multibeam data.

Geoscience Australia uses the processing method CUBE, which calculates Total Propagated Error (TPE) requiring the following information:

- All vessel and instrument offsets and details of xyz and sign convention used.
- Instrument manufacturers and models (including multibeam, motion sensor, GPS (including the settings used) and gyro compass).
- Technique used to measure offsets (measuring tape, total station etc.).

Some vessels may already have this information collated in a vessel file, Geoscience Australia uses CARIS HIPS software, so a fully populated vessel file (\*.hvf) would contain all this information. Other acquisition software may also have an exportable vessel summary file.

Once Geoscience Australia has this information it will be stored for your vessel and will only need to be updated if changes occur.

Additionally, any sound velocity profile records acquired (i.e. XBT) should be provided with the bathymetric data. This should include the position of SVP.

##### *Gravity and Magnetics*

Geoscience Australia requests the provision of a copy of any gravity or magnetics data preferably in MGD77 format. However, if the data is not acquired in this format Geoscience Australia also accepts any ASCII formatted datasets that include:

- each shot point indexed by time and latitude/longitude,
- any other recorded parameter in separate fields, and
- a clear header either in the ASCII file or as an attachment that describes each field, the recorded value range and units of measurement.

#### *Samples*

Geoscience Australia requests the provision of information relating to any sediment / rock samples taken in Australian waters this includes:

- Sample Number
- Type
- Latitude
- Longitude
- Length of core (if a core)
- Water depth
- Analysis results (for example grain size, carbonate content, pore water content etc)
- Location of stored sample (if sample is archived)

#### *Seismic Data*

Geoscience Australia requests the following in relation to seismic surveys:

- A set of SEG-Y files of the final processing achieved. These would preferably be filtered, scaled migrations, but if only CDP stacks exist - this would suffice.
- An ASCII navigation file showing linename, shotpoint and latitudes/longitudes. A P190 file would be ideal.



- CDP stacking velocities (if available) in a standard ASCII format (Western, Promax, etc)
- Any reports on data acquisition and processing (pdf or Word documents)
- Information on the storage location of original field data and observers logs, along with contact details.

**Sub-Bottom Profiler Data:**

Geoscience Australia (GA) requests the following in relation to sub-bottom profiler surveys:

- A set of data files (preferably SEG Y format).
- An ASCII navigation file showing linename, shotpoint and latitudes/longitudes and date/time. A P190 file would be ideal.
- Alternatively the navigation can be coded into the SEG Y trace headers as per the SEG Y standard. (Record number and date/time to be also recorded)
- Any reports on data acquisition (including observers logs) and processing (pdf or Word documents)

In its role as national custodian of marine geoscience information, Geoscience Australia requests a copy of any raw geoscientific data (bathymetric, magnetic, seismic, gravimetric, physical) collected within Australian waters (along with any auxiliary data such as navigation reports, velocity profiles, tide data, etc.). It is emphasised that the bathymetry data submitted to Geoscience Australia must be in its raw file format (\*.all), not in IFREMER's preferred CARAIBES file format as this is not compatible with the processing software used at GA . Data can be submitted to the following address:

Geophysical Data Submissions  
 Geophysical Analysis and Data Access Project  
 Geoscience Australia  
 GPO Box 378

Canberra, 2601  
Australia.

Geoscience Australia also encourages the survey manager to download a copy of the Australian Multibeam Coverage Shapefile 2015 found [here](http://www.ga.gov.au/metadata-gateway/metadata/record/83108/) @ <http://www.ga.gov.au/metadata-gateway/metadata/record/83108/> and encourages the RV L'Atalante to cover uncharted areas of the ocean when transiting to and from its survey areas if possible to increase Australia's data coverage.

Changes to approved itinerary

In the event that the approved vessel proposes to change its itinerary, a revised itinerary should be provided as soon as possible to the Department of Foreign Affairs and Trade, under cover of a diplomatic note.

The Department of Foreign Affairs and Trade avails itself of this opportunity to renew to the Embassy of France the assurances of its highest consideration.



### 5.3.2 Extension of approval for Marine Scientific Research, 7 - 8 October 2015



N<sup>o</sup> LGD 15/211

The Department of Foreign Affairs and Trade presents its compliments to the Embassy of the Republic of France and has the honour to refer to the latter's Note No 2015-972754 of 6 October 2015 requesting an extension of the Public Vessel Status previously granted for the vessel *RV L'Atalante* by our Note LGB/196 to undertake marine scientific research within the Australian Exclusive Economic Zone (EEZ) between 7 October 2015 and 8 October 2015.

The Department has the honour to inform the Embassy that the Australian Government, in accordance with the *United Nations Convention on the Law of the Sea*, has approved this extension subject to the requirements set out in the previous approval.

The Department has the further honour to inform the Embassy of the Republic of France that the Australian Government has determined that the vessel enjoys Public Vessel Status for the extended period requested.

The Department of Foreign Affairs and Trade avails itself of this opportunity to renew to the Embassy of the Republic of France the assurances of its highest consideration.



CANBERRA

6 October 2015

### 5.3.3 Decision on referral of Seismic and Geophysical Survey of the Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area (TECTA)



Australian Government  
Department of the Environment

EPBC Ref: 201517524

Mr Patrick Vincent  
Deputy Managing Director  
lfremer  
155 Rue Jean Jacques Rousseau  
92138 Issy-les-Moulineaux  
France

Dear Mr Vincent

**Decision** on referral  
Seismic and **Geophysical** Survey of the Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area (TECTA)

Thank you for **submitting** a referral under the *Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999* (EPBC Act). This is to advise you of my **decision** about the **proposal** to undertake a seismic and geophysical survey of the Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area Marine (TECTA).

As a **delegate** of the **Minister** for the Environment, I have decided that the proposed action is not a **controlled** action, provided it is **taken** in accordance with the **manner described in** the **enclosed decision document**. This means that, provided that the **action is undertaken in that way, it does not require further assessment** and approval under the EPBC Act **before it can proceed**.

A copy of the document recording this decision is enclosed. This document will be published on the Department's website.

Please note that this **decision** relates only to the specific **matters protected** under Chapter 2 of the EPBC Act.

This decision does **not** affect any requirement for **separate** state or local government environment **assessment** and approvals of the proposed action. Advice from the **Department's** Marine Protected **Areas** Branch indicates that you will not need to seek authorisation from the **Director of National Parks** under the EPBC Act to **conduct the proposal** within the Norfolk Commonwealth Marine Reserve. Further information is available at <http://www.environment.gov.au/topics/marine/marine-reserves/temperate-east/norfolk>.

Please **notify** this Department immediately if you are **unable** to **undertake** the proposed action in accordance with the measures described. Penalty provisions **may** apply if the referred action is undertaken in a different way to the **manner** specified.

GPO Box 797, Canberra ACT 2601 • Telephone 02 6274 1111 • Facsimile 02 6274 1866  
[www.environment.gov.au](http://www.environment.gov.au)

Otherwise we would appreciate receiving your written advice:

- within two weeks of the date of this letter - confirming that the action will be undertaken in the manner set out in the enclosed decision, and
- within three months of the date of this letter - reporting on your progress in implementing the measures.

The Department has an active audit program for proposals that have been referred under the EPBC Act. The audit program aims to ensure that proposals are implemented as planned. Please note that your project may be selected for audit by the Department at any time and all related records and documents may be subject to scrutiny. Information about the Department's compliance monitoring and auditing program is enclosed.

To facilitate standardised reporting the Department has developed the *Cetaceans Sightings Application* software to record survey activities, observer effort and to report sightings information. The *Cetacean Sightings Application* Version 3 software may be downloaded from <http://data.marinemammals.gov.au/csai/>.

Sightings information recorded using this software (or software with an identical export format) can be incorporated into a national sightings database, the contents of which will be available to both Government and Industry; we therefore strongly encourage the use of such software. Both the 'All data' pdf report and the XML data file created by the *Cetacean Sightings Application* should be submitted to: [sightingsdata@aad.gov.au](mailto:sightingsdata@aad.gov.au).

The *Australian National Guidelines for Whale and Dolphin Watching 2005* are reflected in the *Environment Protection and Biodiversity Conservation Regulations 2000* (Part 8). The regulations apply to all people interacting with whales and dolphins including commercial operators and people conducting recreational activities. The regulations specify how vessels, aircraft and people must behave around these animals. Further information is available at <http://www.environment.gov.au/coasts/species/cetaceans/whale-watching/index.html#regulations>.

While it is considered highly unlikely, in any cases of vessel cetacean strike in Commonwealth waters, the vessel should submit the relevant information into the National Ship Strike Database at: <https://data.marinemammals.gov.au/report/shipstrike>.

Certain shipwrecks in Australian waters and waters above the continental shelf, including all wrecks 75 or more years old and their associated relics, are protected by the *Historic Shipwrecks Act 1976*. It is an offence to destroy, damage, cause interference with or the disposal of a historic shipwreck or relic, or cause a historic shipwreck or relic to be removed without a permit issued under the *Historic Shipwrecks Act 1976*. Some historic shipwrecks lie within protected zones with a radius of up to 800 m. It is an offence to enter a protected zone without a permit. Should any shipwreck or article associated with a shipwreck be discovered, the *Historic Shipwrecks Act 1976* requires the find to be reported. If you need further information, to apply for a permit, or to report a discovery, contact details can be found at: [www.environment.gov.au/heritage/shipwrecks](http://www.environment.gov.au/heritage/shipwrecks).



I have also written to the following parties to advise them of this decision:

---

Mr Nick Robinson

Director

Gardline Environmental (New Zealand) Ltd

---

The Hon Barnaby Joyce MP

Commonwealth Minister for Agriculture

---

If you have any questions about the referral process or this decision, please contact the project manager Matthew Kuntsi by email to [Matthew.Kuntsi@environment.gov.au](mailto:Matthew.Kuntsi@environment.gov.au) or telephone +61 2 6274 1536 and quote the EPBC reference number shown at the beginning of this letter.

Yours sincerely



Bruce Edwards

Assistant Secretary

Assessment (WA, SA, NT) and Air Branch

31/8/2015



**Notification of REFERRAL DECISION – not controlled action if undertaken in a particular manner**

**Seismic and Geophysical Survey of the Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area (TECTA), Tasman Sea (EPBC 2015/7524)**

This decision is made under sections 75 and 77A of the *Environment Protection and Biodiversity Conservation Act 1999* (EPBC Act).

**Proposed action**

**person named in the referral** Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer)  
 French business identification number (SIREN): 330 715 368

**proposed action** To conduct a seismic and geophysical survey of the Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area (TECTA) in Commonwealth Waters, offshore from Norfolk Island. [See EPBC Act referral 2015/7524].

**Referral decision: Not a controlled action if undertaken in a particular manner**

**status of proposed action** The proposed action is not a controlled action provided it is undertaken in the manner set out in this decision.

**Person authorised to make decision**

**Name and position** Bruce Edwards  
 Assistant Secretary  
 Assessment (WA, SA, NT) and Air Branch

**signature**

**date of decision** 31/8/2015

**manner in which proposed action must be taken** The following measures must be taken to avoid significant impacts on:

- Listed threatened species and communities (sections 18 & 18A)
- Listed migratory species (sections 20 & 20A)
- Commonwealth marine areas (sections 23 & 24A)

- 
1. Part A, Standard Management Procedures of the *EPBC Act Policy Statement 2.1 – Interaction between offshore seismic exploration and whales* (September 2008), using the 2 km low power zone, must be implemented during all **seismic operations** to minimise impacts to **whales**.
  2. The following additional management measures, as identified in Part B of the *EPBC Act Policy Statement 2.1 – Interaction between offshore seismic exploration and whales* (September 2008), must be implemented to minimise impacts to Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*).
    - a. From 1 June to 30 November: two dedicated **Marine Fauna Observers (MFOs)** must be onboard the seismic vessel during **seismic operations**, and at least one **MFO** must be observing for Humpback Whales during **daylight hours**.
    - b. If the survey is required to **power down** 3 or more times per **day** for 3 consecutive days as a result of sighting Humpback Whales, then the **seismic operations** must not be undertaken thereafter at **night-time** or during **low visibility** conditions. **Seismic operations** cannot resume at **night-time** or during **low visibility** conditions until there has been a 24 hour period, which included **seismic operations** during good visibility conditions, during which no power downs have occurred for Humpback Whale sightings.

**Definitions:**

**Day:** relates to 24 hours.

**Daylight hours:** the time from sunrise to sunset at the location of the survey.

**Low visibility:** as defined in *EPBC Act Policy Statement 2.1 – Interaction between offshore seismic exploration and whales* (September 2008).

**Marine Fauna Observer (MFO):** a dedicated and suitably trained person who has demonstrated experience in marine fauna observation, distance estimation and reporting and must not have any other duties while engaging in visual observations for whales.

**Night-time:** the time from sunset to sunrise at the location of the survey.

**Power down:** reducing the output of the acoustic source to the lowest possible setting.

**Seismic operations:** includes any discharge of the seismic source array.

**Whales:** includes baleen whales and larger toothed whales (such as sperm whales, killer whales, false killer whales, pilot whales and beaked whales).

---

## 5.4 New Zealand



The Ministry of Foreign Affairs and Trade presents its compliments to the Embassy of France and has the honour to refer to the Embassy's Note No. 772/AMB of 16 December 2014 attaching an application form requesting permission for the "L'Atalante", a French scientific research vessel, to conduct marine scientific research in the exclusive economic zone of New Zealand from 25 September 2015 to 4 October 2015 inclusive.

The Ministry is pleased to advise that approval has been given for the "L'Atalante" to undertake scientific research as described in the application, subject to the following conditions being met:

1. The following notifications are to be provided to the Fisheries Communication Centre (FCC):
  - (i) 24 hours' prior notice of entry of the vessel to the New Zealand Exclusive Economic Zone (NZEEZ), including date and estimated time of arrival and position of entry to the nearest arc;
  - (ii) 24 hours' prior notice of any port call in New Zealand, including date, estimated time of arrival, and name of port;
  - (iii) notice of any port departure in New Zealand within two hours of departure;
  - (iv) daily position reports while the vessel is in the NZEEZ or the territorial sea, to be sent within two hours of noon, including position to the nearest minute of the arc; and
  - (v) prior notice of departure from the NZEEZ, including date and time of departure and position of departure to the nearest minute of the arc.

The FCC can be contacted by email at [fcc@mpi.govt.nz](mailto:fcc@mpi.govt.nz) or fax +64 4 801 5381. All reports should include the name and international radio call signal of the vessel.

2. Copies of all data collected and reports prepared based on data collected in areas under New Zealand jurisdiction, or alternatively details of where such data and reports can be obtained, are to be submitted to the New Zealand Government, in a form acceptable to New Zealand, as soon as possible, and in any case within a 12-month period, after the conclusion of the cruise. This information will be

treated as public information and may be made available to New Zealanders via the internet unless another arrangement is reached with the New Zealand Government.

There are also additional legal requirements on a vessel arriving in New Zealand's waters under New Zealand's Biosecurity Act. The Ministry would like to refer the "L'Atalante" to the biosecurity website of the Ministry for Primary Industries ([www.biosecurity.govt.nz/regs/ships](http://www.biosecurity.govt.nz/regs/ships)), which has further information on the legal requirements for a vessel prior to arrival.

The Ministry would also remind the "L'Atalante" that it is the responsibility of the operator of the vessel to determine whether its operations will pose a navigational hazard to other mariners, or if other mariners could pose a hazard to their deployed equipment. If in the opinion of the operator a hazard will exist, it is important that the Rescue Coordination Centre New Zealand (RCCNZ) and Land Information New Zealand (LINZ) receive sufficient prior-notice for promulgation of either a Coastal or NAVAREA XIV warning, as appropriate.

The Ministry of Foreign Affairs and Trade takes this opportunity to renew to the Embassy of France the assurances of its highest consideration.



Ministry of Foreign Affairs and Trade  
WELLINGTON  
1 April 2015

## 6 APPENDIX 6 – Mitigation procedures

### 6.1 Australian protocols

September 2008: EPBC Act Policy Statement 2.1 – Interaction between offshore seismic exploration and whales

#### 6. MANAGEMENT MEASURES FOR ORGANISATIONS/VESSELS CONDUCTING SEISMIC SURVEYS IN AUSTRALIAN WATERS

The management measures are divided into two areas:

Precaution Zones: defines the *Observation*, *Low power* and *Shut-down* zones to be used based on the likely sound levels surrounding the seismic sound source(s). These precaution zones are to be used in the operational procedures that follow.

Management Procedures: defines the operational procedures which should be used when planning and carrying out seismic surveys. These include:

Part A: Standard Management Procedures, which should be followed by all vessels conducting seismic surveys in Australian waters, irrespective of location and time of year, so as to avoid interfering with or having a significant impact on whale species. These procedures should be sufficient in areas that can be demonstrated, by available evidence, to have a **low likelihood** of encountering whales.

Part B: Additional Management Procedures, which are designed to further minimise any possible impacts on individual animals or populations. These procedures may be employed in areas and/or seasons which have a **moderate to high likelihood** of encountering whales. These procedures are of particular importance in considering a seismic survey proposed to take place in a biologically important habitat.

Guidance for assessing the **likelihood** of encountering whales during a seismic survey is provided in Section 4.

#### 6.1 Precaution Zones

Different seismic surveys will have varying acoustic propagation characteristics depending on many characteristics including the seismic array used, bathymetry of the survey area and temperature profile of the water column. Precaution zones should be delineated based on the sound levels whales are likely to receive. For example, a seismic air-gun array operating in shallow water will likely have much quicker attenuation of sound energy compared to a similar array operating in deep water. Accordingly, a survey producing lower sound levels as one ranges further from the seismic vessel should be able to operate with smaller precaution zones than a survey that produces higher levels at similar ranges.

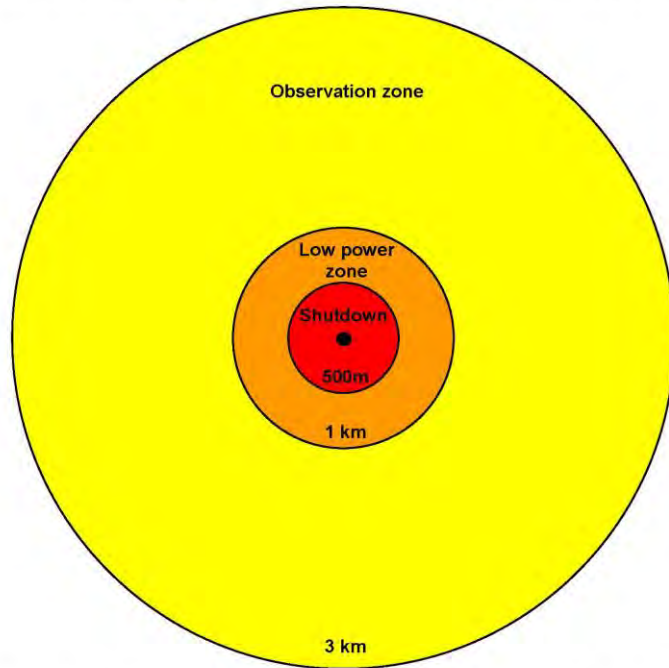
For proposed seismic surveys that can demonstrate through sound modelling or empirical measurements that the received sound exposure level for each shot will not likely exceed 160dB re  $1\mu\text{Pa}^2\text{-s}$ , for 95% of seismic shots at 1km range, the following precaution zones are recommended:

- *Observation zone*: 3+ km horizontal radius from the acoustic source.
- *Low power zone*: 1 km horizontal radius from the acoustic source.
- *Shut-down zone*: 500m horizontal radius from the acoustic source.

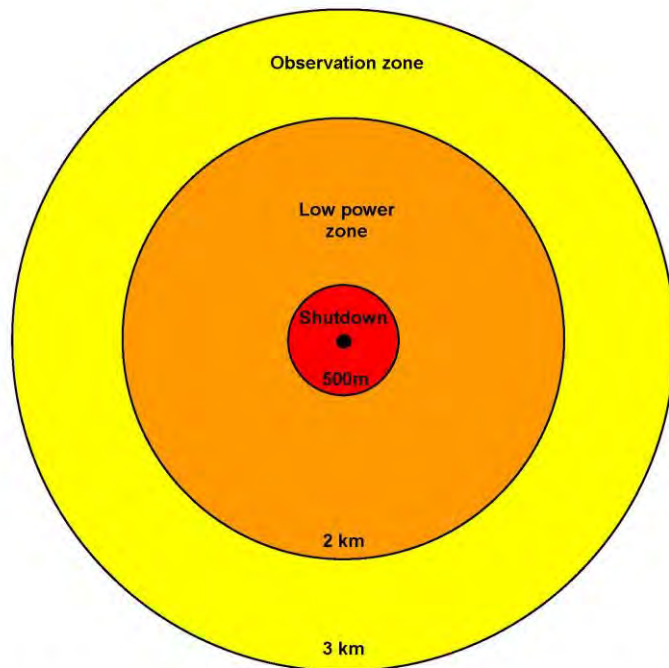
For all other proposed seismic surveys:

- *Observation zone*: 3+ km horizontal radius from the acoustic source.
- *Low power zone*: 2 km horizontal radius from the acoustic source.
- *Shut-down zone*: 500m horizontal radius from the acoustic source.

See Diagrams 1 and 2 below for an illustration of these zones. In the *observation* zone whales and their movements should be monitored to determine whether they are approaching or entering the *low power* zone. When a whale is sighted within, or is about to enter, the *low power* zone, the acoustic source should immediately be powered down to the lowest possible setting. When a whale is sighted within, or is about to enter, the *shut-down* zone, the acoustic source must immediately be shut down completely. Use the above values for application of both Part A Standard Management Procedures and Part B Additional Management Procedures outlined below.



**Diagram 1:** Precaution zones surrounding the acoustic source for surveys that meet the criteria for a 1km low power zone.



**Diagram 2:** Precaution zones surrounding the acoustic source for all other surveys (2km low power zone)

8



## 6.2 Management procedures

### PART A. STANDARD MANAGEMENT PROCEDURES

These procedures should be followed by all seismic vessels conducting surveys in Australian waters irrespective of location and time of year.

**Applicable Species:** Due to the difficulties in identifying whales to the species level, particularly at distance, the following Standard Management Procedures should be applied whenever **whales** are encountered. ‘Whales’ includes baleen whales and larger toothed whales, such as, sperm whales, killer whales, false killer whales, pilot whales and beaked whales. Other (smaller) dolphins and porpoises that have peak sensitivities in the higher frequency ranges are likely to be less disturbed by these lower frequency sounds and less vulnerable to acoustic trauma. Accordingly, these Standard Management Procedures do not apply to encounters with the smaller dolphins and porpoises. If there is doubt regarding the identification of the species, precaution should be shown and the procedures outlined below should be applied.

#### A.1. PRE-SURVEY PLANNING

Do not program seismic surveys in areas where and when whales are likely to be breeding, calving, resting or feeding. If proposed, these surveys and associated mitigation measures will need careful consideration and may require further assessment under the EPBC Act.

Example: The endangered Southern Right whale breeds and calves at particular sites along the coast of southern Australia, such as the Head of the Bight, SA and near Warrnambool, Vic, in the winter months. Seismic surveys should be planned to avoid such areas and times, or at a minimum demonstrate that the measures to be employed will not have an impact on animals at important times, this may include application of all or some of the measures outlined in the Part B Additional Management Procedures. The *Recovery Plans for Australia's Threatened Whales (Humpback, Southern Right, Blue, Fin and Sei) 2005-2010* contain detailed information on important habitat areas.

When planning seismic surveys, avoid where possible areas where and when whales are known or are likely to be migrating. Should it be necessary to conduct seismic surveys in areas where and when whales are known or are likely to be migrating then additional measures (see Part B Additional Management Procedures) to ensure that impacts and interference are avoided and/or minimised are necessary. Details of the measures to be applied should be included in any referral submitted under the EPBC Act.

Further environmental assessment of potential impacts may also be necessary if multiple seismic sources (e.g. two vessels on one project or multiple, adjacent projects) are to be operated in the same general area. Where a seismic survey is proposed, the proponent should liaise with government and industry bodies to ensure that surveys do not unnecessarily coincide or overlap.

The proponent should prepare an environmental management plan for the survey that details the management and operational measures that will apply throughout the survey to detect whales and avoid interference or significant impacts. The plan and measures employed should be based on the likelihood of encountering whales during the survey.

If during the operation of the survey the number of sightings/power-downs of whales are higher than were anticipated during the planning of the survey or the timing of the survey alters, the proponent should contact the Department to discuss any proposed additional management measures.

#### A.2. TRAINED CREW

The organisation conducting the survey should ensure that there is sufficient trained crew to fulfil the basic requirements outlined below. The trained crew members must have proven experience in whale observation, distance estimation and reporting.

A briefing should be provided to all crew on board the survey vessel (and any supporting craft) on environmental matters, including information on this Policy Statement, whale identification and the environmental legal obligations for companies operating in Australian waters.

Where possible, provide reference material, including this Policy Statement, the Department's Whale and Dolphin sighting report form and the APPEA CD Guide *Search Australian Whales and Dolphins* and provide appropriate visual aids, such as binoculars, on board the vessel to aid in the identification and reporting of any whales sighted.

### A.3. DURING SURVEYS

All seismic survey vessels operating in Australian waters must undertake the following basic procedures during surveys irrespective of location and time of year of survey:

- Pre start-up visual observation
- Soft start
- Start-up delay
- Operations
- Power- down and Stop work

These procedures are defined and described in greater detail below.

#### **A.3.1 Pre Start-up-Visual Observation**

During daylight hours, visual observations (using binoculars and the naked eye from the bridge on the survey vessel or preferably a higher vantage point) for the presence of whales should be undertaken by a suitably trained crew member for at least **30 minutes** before the commencement of the Soft Start Procedure (see A.3.2). Observations should, where visibility allows, extend to 3+ km (the *Observation zone*) from the vessel but with particular focus on the *Low power* and *Shut-down* zones around the acoustic source (see Diagrams 1 and 2).

During these 30 minute observations, the observer should make observations around the whole of the vessel (360°) and towed array out to a 3km distance and, if possible, beyond 3kms.

#### **A.3.2 Soft Start Procedure (also known as ramp-up)**

If no whales have been sighted within the *Low power* and *Shut-down* zones during the pre start-up procedure, the soft start procedure outlined below may commence.

Soft start procedures should be used each time the acoustic sources are initiated, gradually increasing power over a **30-minute period**. Initiate soft start procedures by firing a single airgun. The preferred airgun to begin with should be the smallest airgun, in terms of energy output and volume. Additional acoustic source components should gradually be added in sequence until operating level is achieved. The full power operating level should be the minimum acoustic energy output that is necessary to achieve the survey's objectives.

A sequential ramp-up of the acoustic source is considered to be industry best practice, and is known as a 'soft start'. The slow increase in acoustic energy may alert whales in the area to the presence of the seismic array and enable animals to move and avoid (or stand off) at distances where injury is unlikely.

During daylight hours, visual observations by trained crew should be maintained continuously during soft starts to identify any whales within the precaution zones.

#### **A.3.3 Start-up Delay Procedure**

If a whale is sighted within the 3km observation zone during the soft start an additional trained crew member or marine mammal observer should also be brought to the bridge to continuously monitor the whale whilst in sight. If a whale is sighted within or is about to enter the *Low power* zone, the acoustic source should be powered down to the lowest possible setting (e.g. a single gun). If a whale is sighted within or is about to enter the *Shut-down* zone, the acoustic source should be shut down completely.

Soft start procedures should only resume after the whale has been observed to move outside the *Low power* zone, or when 30 minutes have lapsed since the last whale sighting.

#### **A.3.4 Operations Procedure**

During daylight hours, trained crew should undertake visual observations continuously during survey operations.

Operators should power down the acoustic source to the lowest possible setting when not collecting data, or undertaking soft start procedures (e.g. during line turns or when moving to another part of the survey area).

The firing of a single gun during turns is an industry standard and is generally considered a reasonable precaution. This sound source may alert whales in the area to the presence of the seismic array and reduce chances of entanglement or contact.

If the array is completely shut down or reduced to low power (e.g. for operational reasons or during line turns), observations for whales should continue. To restart the array the following procedures should take place:

- If no whales are sighted during the shut-down/low power period then start-up may commence using A.3.2 Soft Start Procedure and A.3.3 Start-up Delay Procedure.
- If whales are sighted during the shut down/low power period, or if observations for whales ceased, then start-up should not begin until pre start-up visual observations have been conducted, as outlined in A.3.1. Start-up may then commence using A.3.2 Soft Start Procedure and A.3.3 Start-up Delay Procedure.

#### **A.3.5 Stop Work Procedure**

If a whale is sighted within the 3km observation zone an additional trained crew member or marine mammal observer should also be brought to the bridge to continuously monitor the whale whilst in sight.

If a whale is sighted within or is about to enter the *Low power* zone, the acoustic source should be powered down to the lowest possible setting. If a whale is sighted or is about to enter the *Shut-down* zone, the acoustic source should be shut down completely.

Power-up of the acoustic source with soft-start procedures should only occur after the whale has been observed to move outside the *Low power zone*, or when 30 minutes have lapsed since the last whale sighting.

#### **A.3.6 Night-time and Low Visibility Procedures**

At **night-time** or at other times of **low-visibility** (when observations cannot extend to 3km from the acoustic source, e.g. during fog or periods of high winds), the following measures apply for start up and operations:

**Start up** may be commenced according to A.3.2 Soft-Start Procedure:

- provided that there have not been 3 or more whale instigated power-down or shut-down situations during the preceding 24 hour period; or
- if operations were not previously underway during the preceding 24 hours, the vessel (and/or a spotter vessel or aircraft) has been in the vicinity (approximately 10km) of the proposed start up position for at least 2 hours (under good visibility conditions) within the preceding 24 hour period, and no whales have been sighted.

**Operations** may proceed provided that there have not been 3 or more whale instigated power-down or shut-down situations during the preceding 24 hour period.

During **low visibility**, where conditions allow, continuous observations to spot whales should be maintained with a particular focus on the *Low power* and *Shut-down* zones. If whales are detected then the procedures outlined in A.3.5 Stop Work Procedures should apply.

If sightings of whales have been frequent or are higher than were anticipated during the planning of the survey, the proponent should contact the Department to discuss appropriate night-time provisions and whether additional management measures should be employed for day and/or night-time operations.

#### A.4 COMPLIANCE AND SIGHTING REPORTS

It is the responsibility of the proponent to maintain a record of procedures employed during operations. Such records should be auditable and account for aspects of the operation that relate to legislative approvals and regulations. Additionally, information on any whales (or other species) sighted during the survey may be useful in the planning and assessment of future marine industry activities.

A report on the conduct of the survey, and any whale interactions, should be provided to the Department **within two months of survey completion**. The report should, at a minimum, contain:

- the location, date and start time of the survey;
- name, qualifications and experience of any Marine Mammal Observers (or research scientists) involved in the survey;
- the location, times and reasons when observations were hampered by poor visibility or high winds;
- the location and time of any start-up delays, power downs or stop work procedures instigated as a result of whale sightings;
- the location, time and distance of any whale sighting including species where possible; and
- the date and time of survey completion.

Any whale sightings should be recorded on a sightings form. An example reporting form for cetaceans sightings is available online at <http://www.environment.gov.au/epbc/publications/seismic.html>

The Report and completed sighting forms should be emailed to [portsandmarine@environment.gov.au](mailto:portsandmarine@environment.gov.au) or posted to:

Director  
Ports & Marine Section  
Approvals and Wildlife Division  
Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts  
GPO Box 787  
CANBERRA ACT 2601

## PART B. ADDITIONAL MANAGEMENT PROCEDURES

For seismic surveys operating in areas where the likelihood of encountering whales is **moderate to high**, the application of additional measures, to ensure that impacts and interference are avoided and/or minimised, are necessary. The following measures are recommended, however, application of all these measures may not be necessary, applicable or possible for all seismic survey operations. In planning a seismic survey, the proponent should consider which of these measures best apply to their circumstances. Details of the measures to be applied should be included in any referral submitted under the EPBC Act. The proponent is strongly encouraged to seek advice from the Department about the likelihood of surveys interacting with whales and the management measures that may be necessary.

### **B.1 Marine Mammal Observers (MMO)**

As the likelihood of encountering whales increases, the proponent should engage MMOs. MMOs should be trained and experienced in whale identification and behaviour, distance estimation, and be capable of making accurate identifications and observations of whales in Australian waters. The MMOs should assist other observers (e.g. trained crew) and be available to provide advice, should whales be encountered.

### **B.2 Night-time/Poor visibility**

For surveys in areas where whales are expected to be encountered, the proponent should include appropriate management measures to detect (or predict) whale presence and apply measures to reduce the likelihood of encounters. Depending on the situation a range of measures may be appropriate, possible measures include:

- Limiting initiation of soft start procedures to conditions that allow visual inspection of the precaution zone;
- Daylight spotter vessel or aircraft searches of the night-time survey area to determine if whales are present; and
- Pre survey research (including surveys) to detect and identify likely whale concentration areas, such as: peak migration paths and times, key feeding sites (e.g. shelf breaks, sea mounts and trenches), or other aggregation areas.

### **B.3 Spotter Vessel(s) and Aircraft**

Where the likelihood of encountering whales is high, spotter vessels/aircraft could be used to assist in detecting the presence of whales. Spotter vessels and aircraft may be usefully employed to determine the presence and likelihood of encountering whales during day and night-time operations; information that can then be used to re-design the survey or tracks to be run to avoid whales that are in the vicinity. Spotter vessels/aircraft should maintain continuous contact with the seismic survey vessel. An MMO should be employed on board both the survey vessel and the spotter vessel/aircraft.

### **B.4 Increased Precaution zones and Buffer zones**

In some locations and circumstances it may be advisable to apply increased distances for the instigation of power-down procedures from those outlined in Part A Standard Management Procedures. For important habitats, such as feeding areas, when concentrations of food and whales are likely to occur, an increased low power zone (e.g. 3km) may be appropriate to ensure that disturbance or displacement of whales does not occur. Such a measure may not need to apply for the whole of the survey (time and area) but may be advisable for particular specific locations (e.g. along the shelf edge where food sources are most likely to occur).

For surveys being undertaken in the broad vicinity of known breeding or resting areas, a buffer (exclusion) zone should be established to ensure that operating survey vessels do not enter the vicinity where whales may be present. The size of the buffer zone should be established on a precautionary basis. Where available, scientific evidence and/or acoustic propagation modelling should be used to determine and justify the buffer zone.

### **B.5 Passive Acoustic Monitoring**

Passive acoustic monitoring (PAM) is an emerging technology that has some limitations. Deployment of PAM with appropriate technologies and programs to detect whales in real time may provide an additional method of detecting and avoiding whales during surveys and may be particularly useful during night-time and low visibility operations. The use of PAM as a detection tool should be considered by the proponent and, if deployed, details should be provided on their intended use as part of any referral under the EPBC Act.

**B.6 Adaptive Management**

Where a survey is proposed in an area that is spatially and temporally on the edge of areas considered to provide biologically important habitat, the proponent may consider implementing adaptive management procedures to manage the potential increased likelihood of encountering whales. For example, they may cease all night time surveying if there are three consecutive days on which operators experience three or more whale-instigated shut down/power down situations. Adaptive management may also be used in conjunction with other measures described in Part B. For example, if aerial surveys identify whales in the region, increased buffer zones are implemented.



## 6.2 Ifremer protocol

Ifremer

Département Infrastructures Marines et Numériques  
Unité Navires et Systèmes Embarqués  
Service Acoustique Sous-Marine

Auteur : Xavier Lurton

9 juillet 2013

AS-2013-46



Revision 1.0

---

### Contrôle des risques sonores pour les mammifères marins Protocole Ifremer pour les émissions sismiques

Confidentiel    Restreint NSE    Restreint Ifremer    Libre



Historique			
Date :	09/07/2013	Nb de pages :	23
Ref :	AS-2013-46	Nb d'annexes :	5
N° Analytique:	A080726		
<b>Nom du document :</b>	Contrôle des risques sonores pour les mammifères marins - Protocole Ifremer pour les émissions sismiques		
<b>Projet:</b>	Acoustique Sous-marine - Bioacoustique		
<b>Résumé :</b>	Ce document est destiné à détailler les mesures prises par l'Ifremer pour la protection des mammifères marins lors de l'utilisation de sources sismiques. On y présente les diverses procédures à appliquer : définition de zones d'exclusion, embarquement de personnels spécialisés dans l'observation des mammifères marins, procédure de ramp-up, gestion des niveaux d'émission. Les Annexes incluent des synthèses sur les risques sonores et sur les réglementations correspondantes, et des références utiles pour la préparation des missions.		
<b>Mots-clés :</b>			
Révisions			
Révision	Objet	Date	Auteur
1	Création	19/07/11	X.Lurton
2	Révision	09/07/13	X.Lurton
Auteurs			
Xavier Lurton (IMN/NSE/AS)	Date : 09/07/2013	 Visa :	
Approbations			
Marc Nokin (IMN/NSE)	Date : 09/07/2013	Visa :	
Yves Le Gall (IMN/NSE/AS)	Date : 09/07/2013	 Visa :	
Diffusion			
Liste de Diffusion	Jean-Xavier Castrec, Olivier Lefort (DMON), Yves Le Gall, Cécile Ducatel (IMN/NSE/AS), Marc Nokin (IMN/NSE/AS)		
Copie			

© Ifremer

Hormis les cas expressément prévus par le Code de la Propriété Intellectuelle au titre de l'article L.122-5 2° d'une part et de l'article L.122-5 3° d'autre part, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants cause est illicite (article L.122-4) » et qu'une telle représentation ou reproduction constitue un délit de contrefaçon sanctionné par deux ans d'emprisonnement et 150 000 euros d'amende. L'Ifremer se réserve le droit à réparation de tout préjudice subi.

© Ifremer

All rights reserved. No part of this work covered by the copyrights herein may be reproduced or copied in any form or by any means – electronic, graphic or mechanical, including photocopying, recording, taping or information and retrieval systems- without written permission.



## Sommaire

### **1. Présentation générale**

#### *1.1. Contexte et objectifs*

#### *1.2. Description résumée des mesures de mitigation retenues par l'Ifremer*

##### *1.2.1. Avant la campagne*

##### *1.2.2. Pendant les opérations*

### **2. Description détaillée du protocole retenu par l'Ifremer**

#### *2.1. Etude préalable des conditions d'opérations*

#### *2.2. Détermination de zones d'exclusion (ZE)*

##### *2.2.1. Détermination des seuils*

##### *2.2.2. Calcul des distances d'exclusion*

#### *2.3. Applicabilité des mesures de mitigation*

#### *2.4. Action à bord des Observateurs de Mammifères marins (MMO)*

##### *2.4.1. Embarquement des MMO*

##### *2.4.2. Rôle des observateurs à bord*

###### *2.4.2.1. Généralités.*

###### *2.4.2.2. Organisation du travail*

###### *2.4.2.3. Définition des tâches*

###### *2.4.2.4. Fourniture du rapport d'observation des mammifères marins*

###### *2.4.2.5. Propriété du rapport des MMO*

#### *2.5. Gestion des niveaux d'émission*

##### *2.5.1. Procédure de ramp-up*

##### *2.5.2. Girations et transits entre lignes*

##### *2.5.3. Périodes de faible visibilité*

##### *2.5.4. Arrêt d'urgence des émissions*

##### *2.5.5. Reprise des émissions*

### **3. Conclusion**

Annexe 1 : Détermination des zones d'exclusion autour des sources sismiques

Annexe 2 : Autres sources sonores Ifremer

Annexe 3 : Impact des sons artificiels sur les mammifères marins (synthèse)

Annexe 4 : Réglementations internationales relatives à la protection des mammifères marins contre les risques acoustiques

Annexe 5 : Références et liens utiles pour la préparation des missions

Annexe 6 : Références bibliographiques

## Résumé

Ce document est destiné à détailler les mesures prises par l'Ifremer pour la protection des mammifères marins lors de l'utilisation de sources sismiques. On y présente les diverses procédures à appliquer : définition de zones d'exclusion, embarquement de personnels spécialisés dans l'observation des mammifères marins, procédure de *ramp-up*, gestion des niveaux d'émission. On trouvera en Annexes des synthèses sur les risques sonores et sur les réglementations correspondantes, ainsi que des références utiles pour la préparation des missions.

## 1. Présentation générale

### 1.1. Contexte et objectifs

Depuis une vingtaine d'années est apparue la notion de "**risque acoustique**" causé par les **systèmes sonars et sismiques vis-à-vis de la faune marine**, et des mammifères marins en particulier. Cette prise de conscience s'appuie sur plusieurs échouements massifs de cétacés liés à l'emploi de sonars actifs moyenne fréquence lors d'exercices navals. Bien qu'il ne semble pas aujourd'hui que les activités océanographiques et industrielles (en particulier la prospection sismique et la cartographie sonar) soient à l'origine de problèmes du même type, la prudence s'impose aujourd'hui dans l'utilisation de tous les systèmes d'émission sonores.

Ce thème de la protection de la faune marine contre les risques acoustiques sensibilise très fortement l'opinion publique et les mouvements écologistes, ce qui justifie l'implication actuelle de nombreux acteurs du domaine (industrie offshore, marines militaires, instituts océanographiques) dans des actions préventives. L'Ifremer s'inscrit volontairement depuis 2005 dans cette approche, et des actions spécifiques ont été menées en interne dans le domaine de la prédiction et de la prévention des risques potentiels :

- Travaux de bibliographie et modélisation, destinés à faire le bilan des risques connus aujourd'hui, et à tenter d'évaluer le niveau de dangerosité associé aux divers systèmes acoustiques et sismiques utilisés par l'Ifremer ;
- Etudes de modélisation physique des niveaux de bruits rayonnés par les sondeurs et sources sismiques, destinés à fournir une évaluation rapide des distances de danger associées à diverses configurations ;
- Mise en place d'une **commission d'évaluation préalable des risques sonores** associés aux campagnes océanographiques, et d'une information préliminaire aux équipes scientifiques candidates ;
- Définition de **mesures de mitigation des émissions**, applicables lors de certaines campagnes de sismique ;
- Développement<sup>1</sup> d'un système de détection acoustique passive (*PAM*) de signaux émis par les mammifères marins, utilisable lors des campagnes sismiques.

Le présent document vise à fixer les modalités de prévention et de mitigation à appliquer lors des campagnes opérées par les navires Ifremer et mettant en œuvre des sources sismiques. Il présente également une synthèse des connaissances actuelles dans le domaine des risques acoustiques pour les mammifères marins.

---

<sup>1</sup> Au delà de ce développement exploratoire, un système industriel a été acquis fin 2012 par l'Ifremer. Ses performances et modalités d'utilisation sont actuellement à l'étude (2013). Il ne relève pas encore à ce stade d'un protocole spécifique de mise en œuvre.

## **1.2. Description résumée des mesures de mitigation retenues par l'Ifremer**

### **1.2.1. Avant la campagne**

Les équipes scientifiques sont informées des mesures de mitigation définies par l'Ifremer lors des dépôts de dossiers de demandes de campagne via l'appel d'offres aux campagnes océanographiques. Tout projet de campagne de sismique sur les navires de l'Ifremer s'accompagne d'une **pré-étude de compatibilité** des opérations prévues avec la sauvegarde de la population de mammifères marins sur la zone (voir Annexe 1, 2 & 5). La programmation de la campagne (zone et période d'étude) tient compte des résultats de cette évaluation et également des mesures locales pouvant être imposées par les pays riverains (voir Annexe 4) en réponse à une demande d'autorisation de travail dans les eaux des dits pays.

### **1.2.2. Pendant les opérations**

La procédure de **mitigation des émissions** sismiques est applicable pour les opérations impliquant des émissions de forte puissance, pour lesquelles une zone d'exclusion spécifique de la configuration est définie autour de la source. Elle inclut les points suivants :

- des **observateurs de mammifères marins** sont embarqués pour effectuer une surveillance visuelle des zones explorées. Ces observateurs ont pour fonction de détecter la présence de cétacés dans les zones d'exclusion. Ils recueillent également toutes informations relatives au comportement des mammifères marins en présence des émissions sismiques.
- Les émissions sismiques ne peuvent débuter qu'après une **observation préliminaire** destinée à constater l'absence de cétacés dans la zone d'exclusion ; elles commencent par une **augmentation progressive du niveau** ; cette phase (typiquement d'une durée d'une demi-heure) doit permettre aux animaux éventuellement présents sur zone de s'éloigner suffisamment de la source sismique.
- En cas de détection de **cétacés à l'intérieur de la zone d'exclusion** définie autour de la source sismique, les **émissions sont arrêtées**. Après éloignement des animaux avéré par une nouvelle période d'observation préliminaire, les émissions reprennent en respectant la même procédure d'initialisation.

## **2. Description détaillée du protocole retenu par l'Ifremer**

*N.B. Les mesures décrites ici et leur cadre d'applicabilité correspondent à l'auto-régulation définie par l'Ifremer pour son activité propre. Elles ne se substituent pas à l'application d'éventuelles contraintes plus fortes issues de réglementations spécifiques imposées par les autorités responsables des zones de travaux.*

### **2.1. Etude préalable des conditions d'opérations**

Chaque demande de campagne de sismique doit s'accompagner d'une étude préalable de la présence potentielle de populations de cétacés sur zone, amenant à conclure sur un aménagement éventuel des opérations prévues. Cette pré-étude est menée à l'Ifremer lors de la phase d'instruction préliminaire des dossiers de demande de campagnes ; un comité *ad hoc* se réunit pour cette analyse.

En fonction des conclusions de l'étude, l'Ifremer se réserve le droit de proposer des aménagements au programme des travaux prévus (par exemple les dates de programmation) . En particulier, et sauf dérogation justifiée par des objectifs scientifiques ou des impératifs spécifiques, l'Ifremer limite strictement l'emploi de sources sismiques de forte puissance dans

les zones « sanctuarisées » faisant l'objet d'un statut particulier de protection d'espèces menacées de mammifères marins.

Ces modalités d'examen préliminaire et les résultats de l'évaluation sont annoncés aux équipes déposant une demande de campagne faisant l'objet de cette procédure.

## 2.2. Détermination de zones d'exclusion (ZE)

### 2.2.1. Détermination des seuils

La réception de signaux acoustiques de forte intensité peut provoquer des lésions auditives dangereuses pour les mammifères marins. Il est donc nécessaire, en vue d'une régulation d'utilisation des sources sonores, de fixer les seuils d'intensité correspondant à un niveau de risque donné.

Les niveaux des seuils de risque retenus aujourd'hui par l'Ifremer sont basés sur les travaux<sup>2</sup> de Southall et al. (2007), qui synthétisaient les connaissances scientifiques alors disponibles. Ce modèle propose des seuils de niveau d'exposition différents selon les divers groupes de mammifères marins, et le caractère des signaux considérés (impulsionnels ou non).

Concernant les **nuisances de niveau A** (générant des lésions physiologiques du système auditif), le niveau crête d'exposition sonore ne doit pas dépasser

- 230 dB re 1  $\mu$ Pa pour les cétacés ;
- 218 dB re 1  $\mu$ Pa pour les pinnipèdes sous l'eau ;
- 149 dB re 20  $\mu$ Pa pour les pinnipèdes dans l'air;

et les niveaux d'exposition sonore pondérés en fréquence ne doivent pas excéder :

- 198 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>×s pour les cétacés exposés à des sons impulsionnels ;
- 215 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>×s pour les cétacés exposés à des sons non-impulsionnels ;
- 186 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>×s pour les pinnipèdes sous l'eau exposés à des sons impulsionnels ;
- 203 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>×s pour les pinnipèdes sous l'eau exposés à des sons non-impulsionnels ;
- 144 dB re 20  $\mu$ Pa<sup>2</sup>×s pour les pinnipèdes dans l'air exposés à des sons impulsionnels ;
- 144.5 dB re 20  $\mu$ Pa<sup>2</sup>×s pour les pinnipèdes dans l'air exposés à des sons non-impulsionnels.

Comme mis en évidence par les études de réactions comportementales aux sons de faible niveau, les limites des **nuisances de niveau B** (impact sur le comportement des animaux) sont vraisemblablement beaucoup plus basses. Faute d'étude scientifique suffisamment synthétique pour être exploitable, on n'est pas en mesure d'en proposer ici de valeur chiffrée. La protection des animaux contre les nuisances de niveau B ne peut donc pas encore faire l'objet d'une réglementation basée sur des critères quantifiables.

---

<sup>2</sup> Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene, C. R., Kastak, D., Ketten, D. R., Miller, J. H., Nachtigall, P. E. et al. (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals* 33, 411-521.

### 2.2.2. Calcul des distances d'exclusion

Les **niveaux perçus** dans l'eau sont fonction d'une part du **niveau émis**, et d'autre part des caractéristiques de la **propagation<sup>3</sup> dans l'eau** (pertes par absorption et divergence, et réflexions aux interfaces). Les distances correspondant aux seuils de risque physiologique étant relativement faibles, leur détermination peut être faite suffisamment précisément par un modèle simple de propagation sphérique (le trajet direct source-récepteur étant alors de contribution énergétique prédominante par rapport aux contributions des trajets réfléchis aux interfaces). La perte de transmission  $PT$  (en décibels) s'exprime en :

$$PT = 20 \log R$$

où  $R$  est la distance oblique en m. La perte est donc de 20 dB à 10 m ; de 40 dB à 100 m ; de 60 dB à 1000 m ; de 80 dB à 10 km.

Inversement la distance  $R$  correspondant à une perte donnée ( $PT$  en dB) est calculée par :

$$R = 10^{(PT/20)}$$

Dans des cas particuliers de propagation guidée très marquée (configurations petits fonds, ou impliquant une propagation horizontale sur une distance grande par rapport à la hauteur d'eau), le modèle de divergence sphérique sous-estime le niveau sonore propagé ; on devra alors faire appel à une modélisation plus sophistiquée, donnant la contribution moyenne des trajets multiples<sup>3</sup>.

Les paramètres d'émission des sources sismiques sont définis lors de la préparation de la campagne en fonction des mesures à effectuer : le logiciel *Sisource* de GENAVIR synthétise des formes d'ondes permettant d'accéder aux valeurs numériques du niveau crête et du niveau d'exposition sonore ramenés à 1 m, à partir de modélisations basées sur des signatures sonores individuelles de canons à air mesurées expérimentalement.

En fonction des conditions d'acquisition (niveau d'émission des sources, bathymétrie, type de fond) les rayons nominaux des zones d'exclusion sont définis à l'aide du modèle de calcul retenu.

Le **rayon nominal de la zone d'exclusion**  $R_{ex}$  est défini à partir de la condition ci-dessous (exprimée en dB), faisant intervenir le niveau à l'émission  $NE$  (soit le niveau-crête soit le niveau d'exposition sonore, ramenés à 1 m), la perte de transmission  $PT$  et le seuil de risque applicable  $SR$  (voir §2.2.1) :

$$NE - PT = SR$$

La valeur de  $PT$  ainsi déterminée donne accès à la distance d'exclusion définie par la loi de divergence sphérique  $PT = 20 \log R_{ex}$ , donc  $R_{ex} = 10^{(PT/20)}$ .

Le principe du calcul des distances d'exclusion autour des sources sismiques est décrit plus en détail en Annexe 1 de ce document.

### 2.3. Applicabilité des mesures de mitigation

2.3.1. La procédure de mitigation des émissions est systématiquement applicable dans le cas d'émissions sismiques de forte puissance, pour lesquelles la détermination des niveaux reçus impose des distances d'exclusion supérieures à 100 m.

<sup>3</sup> Lurton X. *An Introduction To Underwater Acoustics – Principles and Applications, Second Edition*, Springer-Verlag, Berlin, 2010



2.3.2. Les sources sismiques émettant à des niveaux plus faibles et correspondant à des distances d'exclusion inférieures à 100 m ne relèvent donc pas de la mise en œuvre des mesures de mitigation appliquées sur zone.

2.3.3. Les sondeurs basses fréquences de divers types (sondeurs de sédiments et sondeurs multifaisceaux) ne sont pas concernés par les mesures de mitigation, du fait de leur puissance d'émission relativement faible (comparée aux sources sismiques ou aux sonars militaires LFA) et de leur insonification spatiale très sélective qui limitent leur capacité de nuisance (voir Annexe 2).

#### **2.4. Action à bord des Observateurs de Mammifères marins (MMO)**

##### **2.4.1. Embarquement des MMO**

Les missions concernées par les mesures de mitigation (voir §2.3) doivent embarquer des **observateurs spécialisés de mammifères marins** (MMO pour *Marine Mammal Observers*). En l'absence de personnel propre compétent dans l'observation des mammifères et par souci déontologique, l'Ifremer fait appel, dans la mesure du possible, à des observateurs spécialisés indépendants. Les observateurs embarqués devront justifier d'une expérience dans les observations visuelles des mammifères marins en mer.

Le **nombre de MMO embarqués** peut varier selon la taille du navire, la durée et les caractéristiques de la mission. Ils sont intégrés à l'équipe de mission scientifique, dont l'effectif doit donc être dimensionné en conséquence.

Le recours aux MMO peut être organisé par l'Ifremer en cas de campagne scientifique menée pour l'Ifremer et/ou en cas de campagne non scientifique. Les frais liés au recours et à l'embarquement de ces observateurs sont à la charge du demandeur de campagne et/ou du client de l'Ifremer.

Outre les obligations relatives à la confidentialité et/ou l'utilisation des données d'observation applicables aux MMO, du fait des engagements contractuels à conclure préalablement à leur embarquement, les MMO devront également signer un engagement personnel de confidentialité dans le cadre de leur embarquement.

##### **2.4.2. Rôle des observateurs à bord**

###### **2.4.2.1. Généralités.**

Les MMO effectuent une **surveillance visuelle autour du navire pendant les périodes diurnes d'activité sismique**. Ils doivent pouvoir, à tout moment de leur surveillance, informer l'officier de quart et l'équipe de mission de la présence de cétacés sur zone en surface (ou des probabilités d'animaux en plongée). Ils doivent donner l'alerte en cas de survenue d'une situation de risque (telle la présence de mammifères marins dans la zone d'exclusion).

###### **2.4.2.2. Organisation du travail**

Les MMO doivent travailler deux par deux, observant conjointement, un de chaque côté du navire. Ils sont installés en des emplacements du navire permettant chacun une surveillance efficace sur un secteur latéral de 180°, à une hauteur aussi élevée que possible (typiquement celle de la timonerie). Ils auront accès à l'ensemble des ponts extérieurs pour exercer leur activité, sous réserve de compatibilité avec les conditions de sécurité en vigueur et les opérations en cours, compatibilité qui est laissée à l'appréciation du Commandant ou de son



représentant. L'activité d'observation des MMO ne devra pas perturber les opérations normales du bord.

On s'assurera de la disponibilité d'un mode de communication aisé et rapide entre les MMO en activité et l'officier de quart à la passerelle.

Le matériel d'observation nécessaire (jumelles à graduations verticales permettant la mesure de distances) sera disponible à bord pour les observateurs ; ceux-ci pourront toutefois utiliser leur matériel personnel s'ils le préfèrent.

#### *2.4.2.3. Définition des tâches*

Les MMO sont informés des caractéristiques des sources sismiques en service, et des distances d'exclusion correspondantes. Ces informations, ainsi que les protocoles de mitigation des émissions, sont données lors de la réunion de préparation de mission et sont disponibles à bord. Les éventuelles évolutions de configuration doivent leur être signalées en cours d'opérations.

En préalable au démarrage de l'acquisition sismique, les MMO effectuent une **observation préliminaire** de 30 mn, destinée à s'assurer de l'absence de mammifères marins dans la zone d'exclusion ; la durée de cette phase est justifiée par la présence éventuelle d'animaux en plongée, donc observables sporadiquement. A l'issue de cette constatation, les MMO donnent alors le feu vert au début des émissions.

Par la suite, les MMO exercent leur surveillance pendant toute la durée des émissions sismiques, aussi longtemps que la lumière du jour est suffisante.

En cas de **détection de mammifères marins à l'intérieur des zones d'exclusion**, les MMO font **remonter sans délai cette information** à l'officier de quart et au chef de mission. La transmission de l'information de présence de mammifères marins dans la zone d'exclusion vaut implicitement une demande d'arrêt immédiat des canons, la décision restant du ressort du Commandant.

L'activité des MMO fait l'objet d'une relation dans un **cahier de quart spécifique**, relatant les noms et heures de présence des observateurs, la chronologie des opérations en cours, et les événements marquants. Les observations éventuelles de mammifères marins présents sur zone et de leur comportement feront l'objet de rédaction de fiches spécifiques, ainsi que de prises de vues photo ou vidéo, destinées à améliorer les connaissances sur le comportement des mammifères marins en présence de sources sonores.

N.B. On accordera la plus grande attention aux cas de détection de baleines à bec (telles *Ziphius cavirostris*), espèces mal connues, rares et fragilisées, dont l'occurrence spécialement élevée d'échouements liés à des activités sonar a été plusieurs fois mise en évidence.

#### *2.4.2.4. Fourniture du rapport d'observation des mammifères marins*

En fin de campagne les MMO fourniront à la Direction en charge des moyens et opérations navales de l'Ifremer, au chef de mission et au commandant un document synthétique comprenant : la copie intégrale de leur cahier de quart ; les fiches d'observations de cétacés ; éventuellement une note de conclusion faisant part de difficultés ou d'observations particulières.

Le rapport des MMO sera intégré par le chef de mission aux documents de déroulement de campagne qu'il doit remettre par ailleurs.

#### 2.4.2.5. Propriété du rapport des MMO

Les rapports remis en fin de campagne par les MMO à l'Ifremer sont propriété de l'Ifremer, sauf stipulation contraire négociée par le contractant de l'Ifremer, pour le compte duquel la campagne est réalisée et ayant organisé et pris directement en charge le recours aux MMO. Le cas échéant, l'Ifremer se verra concéder par le titulaire des droits l'autorisation d'utiliser, reproduire et représenter, sur tous supports, le rapport des MMO à des fins de recherche et de statistiques internes.

Sauf stipulation contraire négociée par le contractant de l'Ifremer, pour le compte duquel la campagne est réalisée et ayant organisé et pris directement en charge le recours aux MMO et sous réserve de l'autorisation préalable écrite du(des) chef(s) de mission, les MMO pourront disposer des données d'observation contenues dans leur rapport pour leur usage personnel.

### 2.5. Gestion des niveaux d'émission

#### 2.5.1. Procédure de ramp-up

Le *ramp-up* (ou *soft-start*) est une **procédure d'augmentation graduelle du niveau sonore**, qui a pour objectif de provoquer l'éloignement des mammifères marins se trouvant au voisinage des sources. La durée de la procédure doit être suffisamment longue pour permettre un éloignement significatif. Son application est évidemment dépendante de la configuration de la source considérée, qui est normalement constituée de plusieurs canons à air.

Le *ramp-up* doit commencer avec les émissions du canon le moins puissant de la source, minimisant le risque de lésion auditive (par exemple un canon Mini-GI émet typiquement un niveau crête de l'ordre de 220 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1 m). Puis les autres canons sont mis en service successivement, jusqu'à atteindre le niveau d'émission maximal.

La durée du *ramp-up* est variable selon les configurations. On retiendra une durée moyenne de 30 mn, avec un minimum de 15 mn (sources ne comportant que 2 ou 3 canons) jusqu'à 45 mn (sources comportant un grand nombre de canons et/ou des canons de forte puissance).

La définition exacte de la mise en œuvre du *ramp-up* pour une configuration donnée est laissée à l'initiative :

- soit de l'équipe Genavir en charge des canons, à partir des lignes directrices données ci-dessus,
- soit du contractant en cas d'essai et/ou de validation des performances des équipements du contractant.

#### 2.5.2. Girations et transits entre lignes

Si les émissions sismiques sont arrêtées pendant les phases de survey n'impliquant pas d'acquisition de données, on devra recommencer la procédure d'observation préliminaire et de *ramp-up* avant le début de la ligne suivante.

#### 2.5.3. Périodes de faible visibilité

Lorsque la visibilité sur zone devient trop faible (nuit, pluie, brume), le rôle d'observation visuelle des MMOs devient inutile, et le contrôle direct de la présence de mammifères marins est impossible. Il est toutefois admis que les émissions sismiques commencées en période d'observation peuvent alors être poursuivies.

Si pour une raison quelconque les émissions sismiques doivent être interrompues pendant une période supérieure à 15 minutes, la reprise des tirs ne pourra intervenir qu'à l'issue d'une nouvelle séquence d'observation préliminaire et de *ramp-up* ; ceci ne pourra se produire qu'au retour de la visibilité normale.

Les périodes de faible visibilité justifient d'une surveillance passive de la présence éventuelle de mammifères marins. Un système PAM (*Passive Acoustic Monitoring*) acquis par l'Ifremer pourra être mis en œuvre à partir de 2013 à titre expérimental. Son mode d'utilisation, encore à l'étude, n'est à ce jour pas réglementé ; il sera explicité dans une prochaine version du présent document.

#### 2.5.4. Arrêt d'urgence des émissions

La détection de mammifères marins à l'intérieur des zones d'exclusion impose une réaction immédiate, ce qui impose une communication aisée entre les MMO et l'officier de quart à la passerelle. Ce dernier aura délégation du Commandant pour pouvoir ordonner l'arrêt des émissions.

L'alerte étant donnée et actée par l'officier de quart, on effectuera alors un arrêt immédiat et complet des émissions, qui sera prolongé tant que durera la présence des mammifères marins dans la zone d'exclusion.

#### 2.5.5. Reprise des émissions

Lorsque les MMO ont validé la sortie des animaux hors de la zone d'exclusion, la procédure d'observation préliminaire puis de *ramp-up* est recommencée jusqu'à atteindre à nouveau le niveau maximal d'émission.

Si l'intensité des émissions a été diminuée (par exemple pendant une giration), la procédure de *ramp-up* doit être appliquée pour revenir au niveau d'émission nominal.

### 3. Conclusion

Ce document décrit le **protocole applicable sur les navires de l'Ifremer pour la prévention des risques et la mitigation des émissions sonores pour la protection des mammifères marins**.

Il comprend un ensemble de règles définies en fonction des **connaissances scientifiques actuelles** dans ce domaine. Il est donc logiquement très similaire aux préconisations définies par d'autres acteurs de divers domaines (océanographie, militaire, industriel, environnement) et basées sur les mêmes éléments scientifiques.

Ce protocole est une **auto-régulation définie par l'Ifremer pour encadrer son activité propre**. Il ne préjuge pas de l'application d'autres mesures qui seraient demandées par exemple dans le cadre d'une régulation nationale ou régionale.

L'Ifremer se réserve le droit de **faire évoluer ce protocole** en fonction des progrès ultérieurs des connaissances scientifiques et des observations effectuées.

## Annexe 1

### Détermination des zones d'exclusion autour des sources sismiques

Les sources sismiques utilisées par l'Ifremer peuvent être classées en plusieurs catégories, chacune étant susceptible de variations mineures autour de la configuration nominale. Pour chaque configuration les niveaux pics (*SL* pour *Sound Level*) et les niveaux d'exposition sonore (*SEL<sub>0</sub>* pour *Sound Exposure Level*) associés à une seule émission et considérés à 1 m sont les suivants (il s'agit ici de valeurs moyennes susceptibles de petites variations):

		<i>SL</i> dB re 1µPa@1 m	<i>SEL<sub>0</sub></i> dB re 1µPa <sup>2</sup> ×s @1 m
Sismique réfraction (ou grand-angle)	SisObs	259	240
Sismique Multi-Trace	SMT	252 à 255	237 à 238
Sismique Rapide	SisRap	230	211
Sismique Haute Résolution	SisHR	222 à 238	198 à 212

*N.B. Dans la suite, les valeurs numériques des seuils sont celles relatives aux cétacés.*

Les valeurs des niveaux d'émission à la source (*SL*) ne génèrent pas pratiquement de rayon d'exclusion autour des sources ; en effet la valeur-seuil définie dans (Southall et al. 2007) pour les cétacés est de *SLT* = 230 dB re 1 µPa : on voit que cette valeur est atteinte pour une perte de transmission *PT* donnée par  $PT = SL - SLT$ , soit par exemple 252-230 = 22 dB pour la source SMT à 252 dB. La perte étant donnée par  $PT = 20\log R$ , la distance d'exclusion serait de  $R = 12$  m.

Les valeurs de niveau d'exposition sonore doivent prendre en compte le nombre *N* de tirs perçus par l'animal récepteur. Le *SEL* à considérer à la distance *R* est donc :

$$SEL = SEL_0 - PT + 10\log N$$

qui doit donc être comparé au seuil *SELT* = 198 dB re 1µPa<sup>2</sup>×s @1 m (pour les cétacés, d'après Southall et al. 2007). On doit donc définir le régime limite d'exposition d'un animal par la condition :

$$PT - 10\log N = SEL_0 - SELT$$

Ou encore

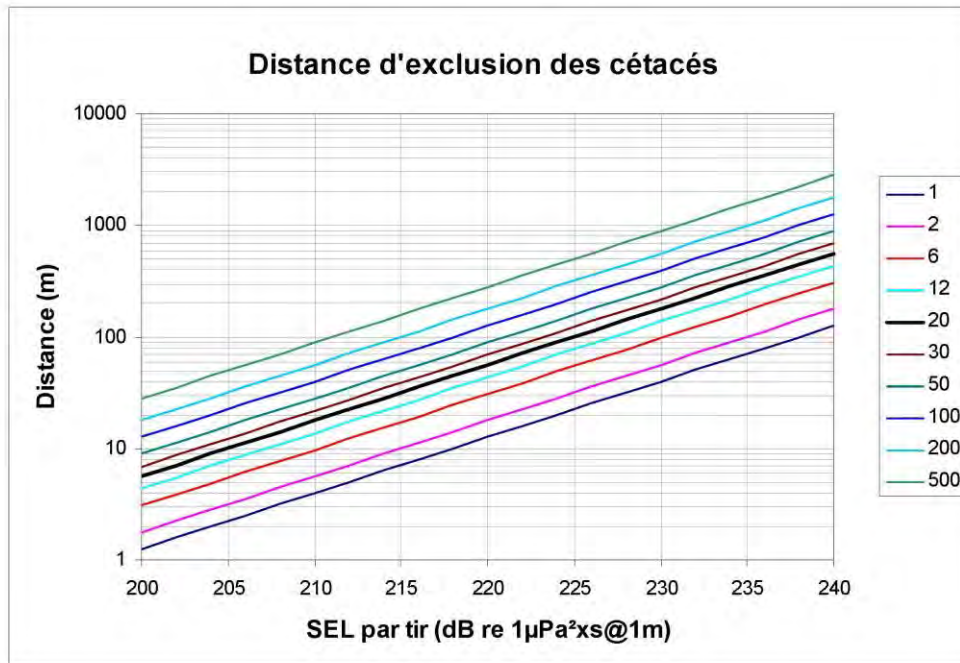
$$20\log R - 10\log N = SEL_0 - SELT$$

On peut à partir de cette formule calculer le compromis entre la distance limite et le nombre de tirs subis, en fonction du niveau d'exposition associé à une émission unique à 1 m.

On estime à 3 minutes la durée totale de réaction pour l'arrêt complet des émissions à l'entrée d'un mammifère marin dans la zone d'exclusion. On retiendra une valeur conservative de 6 minutes pour la durée d'exposition, correspondant à une série de  $N = 6$  ; 12 ou 18 tirs, en fonction de la récurrence (respectivement 60 ; 30 ou 20 s).

La figure ci-dessous montre que pour une exposition à 20 tirs de SMT, la distance limite à considérer est environ 500 m pour un *SEL<sub>0</sub>* de 238 dB re 1µPa<sup>2</sup>×s @1 m. D'autres valeurs de la distance d'exclusion peuvent être déterminées par le même principe, pour des configurations de source différentes.

La cadence de tirs est donc un facteur important dans le calcul de la zone d'exclusion à partir du seuil d'exposition sonore. Elle varie de 6 s (Sismique HR) à 60 s (Sismique réfraction). Ainsi, l'utilisation d'une source de Sismique Réfraction peut être éventuellement moins contraignante en termes de zone d'exclusion, en comparaison avec une source de Sismique Multi-Trace bien que les niveaux d'émission et d'exposition sonore soient supérieurs. La valeur très conservatrice de 10 tirs pour la sismique réfraction (soit 10 minutes d'exposition) donne un rayon d'exclusion d'environ 400 m.



## Annexe 2

### Autres sources sonores IFREMER

#### A.2.1. Les sondeurs multifaisceaux et les sonars latéraux :

Les sondeurs multifaisceaux et les sonars latéraux peuvent émettre des niveaux relativement importants (jusqu'à 240 dB re 1  $\mu\text{Pa}@1\text{m}$  dans certains cas) mais sur des durées très courtes (en général moins de 10 ms) qui minimisent leur SEL, et surtout avec des directivités très sélectives (typiquement 0.5° à 1° en longitudinal) qui rendent très improbable la présence des animaux pendant une durée significative à l'intérieur des lobes d'émission.

*Réf* : X.Lurton & S.DeRuiter "Sound radiation of seafloor-mapping echosounders in the water column, in relation to the risks posed to marine mammals", The International Hydrographic Review, Nov.2011, vol.6, pp 7-18 (2011).

#### A.2.2. Les sources basse-fréquence de l'IFREMER : SYSIF et sondeurs de sédiments

Les niveaux d'émission crête de SYSIF (SYstème Sismique Fond de mer) et des sondeurs de sédiments Ifremer sont respectivement de 199 et 213 dB ref.1  $\mu\text{Pa}@1\text{m}$ . En tenant compte du seuil de risque de niveau crête reçu  $RL_T = 230$  dB re 1  $\mu\text{Pa}$ , les distances de risque de ces deux équipements sont très faibles et sans réelle signification.

Les SEL prédits pour une exposition à un tir (respectivement 186 et 199 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2 \times \text{s}@1\text{m}$ ) sont à comparer au seuil admissible ( $SEL_T = 215$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2 \times \text{s}$ ). On notera que cette dernière valeur est différente de celle (198 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2 \times \text{s}$ ) retenue avec les sources sismiques, du fait que l'on a affaire ici à des sources non impulsionnelles (Southall et al., 2007).

On calcule ainsi que le seuil de SEL pour une exposition à 600 tirs (durée d'exposition de 10 min pour une cadence de tirs de 1 s) correspond à des distances de respectivement  $R_E = 1$  m et  $R_E = 4$  m. Les zones de risque ainsi définies n'ont donc aucune signification du fait de leurs étendues extrêmement réduites autour des sources.

#### A.2.3. Les sources de type Sparker

Les niveaux d'émission crête des sources sonores de type Sparker utilisées à l'Ifremer sont compris entre 215 et 224 dB ref.1  $\mu\text{Pa}@1\text{m}$ , en fonction de la puissance (exprimée en Joules, noté J) et du nombre de brins. Une configuration classiquement utilisée est la "1000 J, 100 brins", présentant un niveau d'émission crête de 220 dB ref.1  $\mu\text{Pa}@1\text{m}$ . La particularité du Sparker est de générer une onde peu étendue temporellement, typiquement de l'ordre de 1 ms, et donc de SEL très faible. Pour la configuration "1000 J, 100 brins", le SEL obtenu pour un tir (181 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2 \times \text{s}@1\text{m}$ ) est à comparer au seuil admissible ( $SEL_T = 198$  dB re 1  $\mu\text{Pa}^2 \times \text{s}$ ). La situation de danger estimée pour cette source correspondrait à l'exposition d'un mammifère à une série de 100 tirs et à une distance d'environ 1.4 m de la source sonore. La capacité de nuisance de ce type de sources est donc quasi-nulle.

*Réf* : A.Pacault "Sparker - Essais bassin", Rapport Ifremer NSE/NE/2010-002, 2010

En conclusion, on retiendra donc que le **risque associé à la mise en oeuvre des sondeurs multifaisceaux, des sonars latéraux, et des sources basse-fréquence de type SYSIF, sondeurs de sédiments et Sparker est négligeable.**



### Annexe 3

#### Impact des sons artificiels sur les mammifères marins (synthèse)

Ce chapitre est une courte synthèse des connaissances actuelles sur les effets du son sur les mammifères marins, mettant l'accent sur les informations pertinentes pour la mise en œuvre des systèmes acoustiques et sismiques de l'Ifremer. Plus d'information sur le sujet est accessible dans la littérature scientifique (Gordon et al., 2004; Hildebrand, 2005; National Research Council, 2005; Richardson et al., 1995; Tyack, 2008). On peut aussi consulter le Chapitre 10 du livre *An Introduction to Underwater Acoustics* (Lurton 2010). Voir enfin une liste étendue de références bibliographiques en Annexe 6.

Les sonars militaires et les canons à air sont les sources sonores les plus puissantes utilisées en mer, avec des niveaux qui peuvent dépasser 240 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1 m rms pour les sonars et 260 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1m crête pour les canons à air (Richardson *et al.*, 1995). Les sonars actifs peuvent être divisés en systèmes basse-, (< 1 kHz), moyenne- (1 – 10 kHz), et haute-fréquence (>10 kHz). La plupart des canons à air produisent essentiellement de l'énergie en basse-fréquence, et peuvent être divisés en systèmes conventionnels de forte intensité et en systèmes haute-résolution qui utilisent des canons à air moins nombreux ou moins puissants, et donc émettent des sons beaucoup moins intenses et de plus hautes fréquences. De toutes ces sources, les sonars navals actifs basse- et moyenne-fréquence semblent avoir le plus fort potentiel d'impacts environnementaux négatifs pour plusieurs raisons :

- la gamme de fréquence d'utilisation de ces systèmes recoupe le domaine de sensibilité auditive et d'émissions sonores de beaucoup d'animaux ;
- les signaux sont de longue durée (jusqu'à plusieurs secondes), et émis dans toutes les directions ;
- les signaux émis étant relativement bas en fréquence, ils peuvent se propager à grandes distances avec peu d'atténuation, et donc avoir des effets sur des zones étendues ;
- les recherches et observations effectués pendant des manœuvres navales ont mis en évidence les réactions des animaux à ce type de sonars, et surtout la corrélation entre des échouages accidentels et des opérations de sonars militaires.

Les canons à air conventionnels utilisés en sismique ont des intensités comparables à celles des sonars militaires, et seraient donc susceptibles d'avoir des effets négatifs sérieux sur les mammifères marins. Toutefois, à ce jour, un seul cas d'accident a été associé à l'usage de canons à air : un échouage de deux baleines à bec, *Ziphius cavirostris*, dans le Golfe de Californie en 2002 (Petersen, 2003) lors d'une campagne de tirs sismiques. L'examen des animaux échoués, pour déterminer la cause de leur mort, n'a pas été possible au moment de l'accident, et l'échouage n'a donc pas été associé à manière concluante à la mise en œuvre des canons à air.

La relative insensibilité apparente des odontocètes<sup>4</sup> au bruit des canons à air n'est pas une surprise, si l'on considère que l'essentiel de l'énergie produite par ceux-ci est en très basse fréquence (< 500 Hz). Cette gamme de fréquence est inférieure aux fréquences centrales des cris de tous les odontocètes, et bien en-dessous des fréquences optimales d'audition des quelques espèces pour lesquels les audiogrammes ont été déterminés expérimentalement ; il est donc vraisemblable que les odontocètes sont peu sensibles aux très basses fréquences. D'un autre côté, les gammes de fréquences émises par les canons à air recourent celles des

<sup>4</sup> Cétacés à dents : cachalots, dauphins, marsouins, orques, baleines à bec...

sons émis par la plupart des mysticètes<sup>5</sup>, et les canons à air émettent de l'énergie à des fréquences jusqu'au moins 1 kHz, bien qu'avec une intensité moindre. Les grands cétacés ne réagissent en général pas de manière spectaculaire aux bruits des canons à air, même si des modifications de comportement sont observées : par exemple, les cachalots s'éloignent parfois des canons, ou changent les caractéristiques de leurs propres émissions sonores ; les baleines franches boréales, baleines grises, et baleines à bosses ralentissent parfois leur vitesse de nage, tournent ou s'éloignent de la source, ou modifient leurs rythmes de respiration et de plongée en présence des canons à air (Richardson et al., 1995). Une étude a observé une baisse de diversité biologique chez les cétacés pendant l'augmentation des activités sismiques dans les eaux brésiliennes (Parente et al., 2007). Des observations des mammifères marins recueillis pendant les explorations géophysiques industriels dans les eaux britanniques (Stone and Tasker, 2006) et angolaises (Weir, 2008) ont indiqué que les cétacés sont aperçus plus loin des canons à air pendant les tirs, et qu'ils sont moins susceptibles de s'approcher des canons pendant leur opération; les petits odontocètes réagissent plus fortement que les grandes baleines.

Les effets des canons à air sur les poissons marins ont été également observés ; la plupart des études qui décrivent ces effets a signalé des dommages physiologiques du système auditif (McCauley et al., 2003; Popper et al., 2005; Song et al., 2008) et une baisse des captures de pêche industrielle (Engås et al., 1996; Hassel et al., 2004; Skalski et al., 1992; Slotte et al., 2004), ainsi que des effets comportementaux provoqués par un niveau sonore de 161 dB re 1µPa (mean-peak level, Pearson et al., 1992) ou plus. Plusieurs études ont montré que les canons à air peuvent endommager le système auditif des poissons ou causer des pertes d'audition temporaires, bien que les niveaux qui causent (ou non) ces effets diffèrent entre les études et les espèces, et on ne peut pas dire si les blessures sont temporaires ou permanentes. (McCauley et al., 2003; Popper et al., 2005; Song et al., 2008). Les effets comportementaux des canons à air incluent l'augmentation de la vitesse de nage et des réponses (réactions) d'alarme ou d'évitement (Hassel et al., 2004; McCauley et al., 2000; McCauley et al., 2003; Pearson et al., 1992; Wardle et al., 2001), la formation des bancs voyageurs (McCauley et al., 2003; Pearson et al., 1992), ou le changement de profondeur (souvent une augmentation) (Pearson et al., 1992; Slotte et al., 2004).

La réaction des tortues aux canons à air est peu étudiée. Des tortues caouannes ont évité un rayon de 30 mètres autour d'un assemblage de trois canons à air dans un canal expérimental (O'Hara and Wilcox, 1990). De jeunes tortues caouannes ont également évité un assemblage de deux canons à air dès leur première exposition, mais cette réponse a disparu après 3 expositions, à cause de l'accoutumance ou d'une perte d'audition notée par les chercheurs (McCauley et al., 2000; Moein Bartol and Musick, 2003). Une tortue verte et une tortue caouanne, en cages, ont augmenté leur vitesse de nage après l'exposition à un canon à air (+165 dB re 1 µPa rms), et leur comportement est devenu de plus en plus erratique pendant que le niveau d'exposition augmentait (+175 dB re 1 µPa rms) (McCauley et al., 2000). Ces études suggèrent que les tortues évitent les canons à air. Par contre, les analyses des données des observateurs visuels recueillies pendant les explorations géophysiques industrielles dans les eaux angolaises et brésiliennes n'ont pas amené de conclusions à propos de cette question, à cause de l'importance limitée des données, bien qu'elles aient trouvé quelques preuves d'évitement à faible distance (Gurjão et al., 2005; Parente et al., 2006; Weir, 2007).

D'après les données actuelles, l'exposition aux canons à air n'a pas d'effet significatif sur les invertébrés: les analyses n'ont détecté aucun effet sur le comportement, la santé ou la pêche des crabes (Christian et al., 2003; Pearson et al., 1994) ou la pêche des langoustes (Parry and

---

<sup>5</sup>Cétacés à fanons, ou baleines au sens commun : rorquals, baleines franches, baleines à bosses...

Gason, 2006), mais une étude similaire sur les calmars a montré des effets comportementaux probables (McCauley et al., 2000). Ces résultats ne sont pas particulièrement étonnants, étant donné la capacité auditive limitée de la majorité des invertébrés.

En plus des sonars militaires et des canons à air, une large variété d'autres systèmes acoustiques est utilisée dans l'océan. Ces sources génèrent en général des niveaux sonores bien inférieurs aux sonars militaires ; ils émettent dans des faisceaux étroits et donc insonifient des zones relativement limitées; de plus, ils fonctionnent généralement à des fréquences ultrasonores (plusieurs dizaines ou centaines de kHz), qui sont atténuées rapidement dans l'eau de mer, par comparaison aux sons de fréquences basses et moyennes. D'un autre côté, ils sont quand même susceptibles d'être une source significative de pollution sonore de l'environnement marin : ils sont beaucoup plus nombreux que les systèmes militaires (même les plus petits bateaux de pêche ou de plaisance ont souvent un sondeur), et beaucoup fonctionnent dans les gammes de fréquence utilisés par les odontocètes pour l'écholocation et la communication. En fait, comme résumé ci-dessous, plusieurs études ont abordé la réponse de quelques cétacés, phoques et poissons aux systèmes acoustiques actifs (détaillé par Richardson et al., 1995); peu d'informations sont disponibles pour les autres mammifères marins, les tortues, ou les invertébrés.

Selon les résultats publiés, les réactions les plus communément observées de mammifères marins aux systèmes acoustiques hautes-fréquences (> 10 kHz) sont l'évitement et les changements de leurs émissions sonores. Dans les années 50, des sonars hautes fréquences ou des émetteurs acoustiques ont été installés sur des navires baleiniers ; les baleines (probablement les cachalots et les mysticètes) réagissaient en faisant surface, et par conséquent devenaient relativement faciles à trouver et à poursuivre (Richardson et al., 1995; Tønnessen and Johnsen, 1982). Dans la littérature scientifique, on ne trouve pas mention de cas d'échouage, blessure directe, ou mort de mammifères marins en relation avec des opérations de sonars civils, de sondeurs, ou d'autres systèmes acoustiques actifs (à l'exclusion des sonars militaires et éventuellement des canons à air).

Enfin, il existe aussi certains éléments de preuve qu'une pollution sonore cohérente et durable (non forcément liée à l'usage de sonars ou de sismique) peut chasser les animaux hors de zones importantes pour eux, surtout les sites d'alimentation et de procréation. Par exemple, les baleines grises ont été exclues de l'un de leurs principaux sites de reproduction dans une lagune de la Basse-Californie pendant une dizaine d'années d'opérations lourdes de transport maritime et de dragage ; de plus, les grands dauphins ont commencé à éviter les zones d'alimentation qu'ils occupaient précédemment, quand les bateaux touristiques sont devenus plus communs dans ces zones (Tyack, 2008). De tels effets sont peu probables à la suite d'opérations de courte durée, comme les campagnes océanographiques.



#### Annexe 4

### Réglementations internationales relatives à la protection des mammifères marins contre les risques acoustiques

L'impact négatif de certains types d'émissions sonores sur les mammifères marins ou les autres espèces étant soit avéré soit possible, un certain nombre de réglementations de protection ont été mises en place par des pays impliqués dans les activités marines bruyantes. Il existe aussi un certain nombre des accords internationaux à propos de la pollution sonore au milieu marin : par exemple, la France est membre des groupes ACCOBAMS<sup>6</sup> et ASCOBANS<sup>7</sup> qui ont recommandé la recherche et la réglementation pour comprendre et minimiser les effets de cette pollution<sup>8</sup>.

Les cétacés et autres mammifères marins sont intégralement protégés sous la réglementation communautaire au niveau de l'UE (Habitats and Species Directive of 1992, Council Directive 92/43/EEC). Dans les eaux européennes, il est donc interdit de capturer intentionnellement, de blesser, de tuer, ou de perturber les mammifères marins, ainsi que toutes actions pouvant causer la destruction ou la détérioration de leurs sites d'alimentation ou de repos. Ces réglementations ne mentionnent pas spécifiquement la pollution sonore.

La législation française pose aussi le principe de la protection des mammifères marins (arrêté ministériel du 27 juillet 1995). Toutefois cet arrêté n'est pas étayé par des contraintes techniques chiffrées – il ne fait d'ailleurs pas mention explicite des risques sonores. La réglementation en vigueur ne fait pas état spécifiquement aujourd'hui de limitations imposées aux niveaux des émissions sonar ou sismique. Les mesures de régulation sont donc dans la pratique de la responsabilité des opérateurs.

Par contre, au Royaume Uni, la réglementation nationale interdit les perturbations et les blessures causées par les sons d'origine humaine, et le JNCC a à cet effet établi des règlements spécifiques liés aux campagnes sismiques industrielles dans les eaux anglaises (*JNCC Guidelines 2004*, [http://www.jncc.gov.uk/pdf/Seismic\\_survey\\_guidelines\\_200404.pdf](http://www.jncc.gov.uk/pdf/Seismic_survey_guidelines_200404.pdf)). Cette réglementation ne précise pas de niveaux d'exposition sonore acceptables ou prohibés, toutefois les instructions de campagnes sismiques interdisent de démarrer des tirs de canons à air lorsque des mammifères marins ont été aperçus au moins de 500 mètres depuis moins de 30 minutes.

Aux Etats-Unis, la législation relative aux effets du son sur les mammifères marins comprend le *Marine Mammal Protection Act*, qui interdit le harcèlement des mammifères marins. Le National Marine Fisheries Service (NMFS), l'agence responsable de la réglementation, supervise un processus de permis pour toutes les opérations qui peuvent soumettre les mammifères marins à une gêne de niveau A (dommage physiologique permanent) ou de niveau B (perturbation de comportement), basant en général son jugement sur les niveaux d'exposition sonore; il existe aussi des réglementations spécifiques exigeant des mesures de protection (incluant la surveillance visuelle et aussi parfois des observations acoustiques) pour tous les surveys sismiques dans le Golfe du Mexique. Le niveau d'exposition sonore standard cité dans les études d'impacts aux Etats-Unis depuis plusieurs années est fixé à un seuil de pression acoustique de 180 dB re 1  $\mu$ Pa rms (pour les baleines, les dauphins et marsouins) ou 190 dB re 1  $\mu$ Pa rms (pour les phoques, morses et lions de mer), considéré comme capable de

<sup>6</sup> Agreement on the Conservation of Cetaceans of the Black Sea, Mediterranean Sea and Contiguous Atlantic Area

<sup>7</sup> Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic, North East Atlantic, Irish and North Seas

<sup>8</sup> MOP 3 Resolution 3.10, <http://www.accobams.org/file.php/1290/Res%203.10%20FR.pdf>

provoquer une nuisance de niveau A (dommage physiologique permanent) ; et qu'un niveau de 160 dB re 1  $\mu\text{Pa}$  rms peut provoquer des nuisances de niveau B (discontinuités de comportement). Ces standards sont actuellement ré-évalués<sup>9</sup> et sont vraisemblablement appelés à changer dans un futur proche (suivant Southall *et al.*, 2007) comme résumé ci-dessous pour les nuisances de niveau A:

- Le niveau crête d'exposition sonore ne doit pas dépasser 230 dB re 1  $\mu\text{Pa}$  pour les cétacés, 218 dB re 1  $\mu\text{Pa}$  pour les pinnipèdes sous l'eau, et 149 dB re 20  $\mu\text{Pa}$  pour les pinnipèdes dans l'air;
- Les niveaux d'exposition sonore pondérés en fréquence ne doivent pas excéder 198 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$  pour les cétacés exposés à des sons impulsionnels<sup>10</sup>, 215 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$  pour les cétacés exposés à des sons non-impulsionnels, 186 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$  pour les pinnipèdes sous l'eau exposés à des sons impulsionnels, 203 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$  pour les pinnipèdes sous l'eau exposés à des sons non-impulsionnels, 144 dB re (20  $\mu\text{Pa}$ )<sup>2</sup>-s pour les pinnipèdes dans l'air exposés à des sons impulsionnels, and 144.5 dB re (20 $\mu\text{Pa}$ )<sup>2</sup>-s pour les pinnipèdes dans l'air exposés à des sons non-impulsionnels.
- Comme mis en évidence par les études de réactions comportementales aux sons de faible niveau, les limites du niveau B de risque sont vraisemblablement beaucoup plus basses.

Plusieurs autres pays (Australie, Nouvelle-Zélande...) ont conçu et mis en place des réglementations très semblables à celles décrites rapidement ci-dessus (Compton et al., 2008; Weir and Dolman, 2007).

#### Références relatives aux mesures de protection

<http://www.jncc.gov.uk/page-1534> (Réglementations anglaises)

<http://www.nmfs.noaa.gov/pr/laws/mmpa/> (Réglementations américaines)

[http://www.nmfs.noaa.gov/pr/permits/mmpa\\_permits.htm](http://www.nmfs.noaa.gov/pr/permits/mmpa_permits.htm) (Réglementations américaines)

<http://www.nmfs.noaa.gov/pr/permits/incidental.htm> (Réglementations américaines)

**Castellote, M.** (2007). General Review of Protocols and Guidelines for Minimizing Acoustic Disturbance to Marine Mammals from Seismic Surveys. *Journal of International Wildlife Law & Policy* 10(3), 273 - 288.

**Compton, R., Goodwin, L., Handy, R. and Abbott, V.** (2008). A critical examination of worldwide guidelines for minimising the disturbance to marine mammals during seismic surveys. *Marine Policy* 32(3), 255-262.

**IBAMA.** (2007). Monitoring Guide for Seismic Maritime Research - Marine Biota (October 2007). Document number unknown. Brazil: IBAMA, Ministry of Environment, Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources, Board of Environmental Licensing, Petroleum and Gas General Coordination.

<sup>9</sup> Voir par exemple **Finneran J.J. & Jenkins K.** (2012). Criteria and Thresholds for U.S. Navy Acoustic and explosive Effects analysis. - qui propose des critères et seuils applicables dans les activités de la U.S. Navy.

<sup>10</sup> Dans ce contexte, les sons impulsionnels sont définis comme des sons pour lesquels le niveau de pression acoustique mesuré dans une fenêtre temporelle de 35 msec est au moins supérieur de 3 dB à celui mesuré dans une fenêtre de 125 msec.

**IBAMA.** (2005). Guia de monitoramento da biota marinha em atividades de aquisição de dados sísmicos (Abril 2005). N° de document inconnu. Brésil: IBAMA, Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Diretoria de Licenciamento e Qualidade Ambiental, Coordenação Geral de Licenciamento, Escritório de Licenciamento das Atividades de Petróleo e Nuclear.

**Parsons, E. C. M., Dolman, S. J., Jasny, M., Rose, N. A., Simmonds, M. P. and Wright, A. J.** (2009). A critique of the UK's JNCC seismic survey guidelines for minimising acoustic disturbance to marine mammals: Best practise? *Marine Pollution Bulletin* 58, 643–651.

**Weir, C. R. and Dolman, S. J.** (2007). Comparative review of the regional marine mammal mitigation guidelines implemented during industrial seismic surveys, and guidance towards a worldwide standard. *Journal of International Wildlife Law & Policy* 10, 1-27.



## Annexe 5

### Références et liens utiles pour la préparation des missions

Pour la préparation d'une mission donnée, il convient de déterminer les mammifères marins et autres espèces protégées rencontrées localement sur la zone d'activité. A cet effet, quelques références et liens utiles sont les suivantes :

<http://www.jncc.gov.uk/Default.aspx?page=2713> (Distribution de cétacés en Europe du Nord)

<http://www.marinespecies.org/cetacea/index.php> (Base de Données « Cétacés du Monde »)

<http://www.iobis.org/> (Base de Données OBIS – GIS des animaux marins)

<http://seamap.env.duke.edu/> (OBIS Seemap)

<http://baleiafranca.org.br/area/area.htm> (Cétacés au Brésil)

<http://crrmm.univ-lr.fr/> (Centre de Recherche sur les Mammifères Marins, La Rochelle)

<http://www.mpaglobal.org/index.php?action=search> (Réserves et Parcs Marins du Monde)

[http://www.cetaceanhabitat.org/launch\\_intro.php](http://www.cetaceanhabitat.org/launch_intro.php) (Zones Marines Protégées pour les Cétacés)

<http://www.mobysound.org> (Sons des Mammifères Marins)

<http://www.dosits.org/> (Bioacoustique Marine, Sons de la Faune Marine)

**Folkens, P., Reeves, R. R., Stewart, B. S., Clapham, P. J. and Powell, J. A.** (2008). Guide to Marine Mammals of the World. New York, NY: Alfred A. Knopf.

**Shirihai, H. and Jarrett, B.** (2007). Guide des Mammifères Marins du Monde. Paris, France: Delachaux et Niestlé.

## Annexe 6

### Références bibliographiques

- Andriolo, A., Martins, C. C. A., Engel, M. H., Pizzorno, J. L., Más-Rosa, S., Freitas, A. C., Morete, M. E. and Kinas, P. G. (2006). The first aerial survey to estimate abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the breeding ground off Brazil (Breeding Stock A). *Journal of Cetacean Research and Management* **8**, 307–311.
- Bejder, L., Samuels, A., Whitehead, H. and Gales, N. (2006a). Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective. *Animal Behaviour* **72**, 1149-1158.
- Bejder, L., Samuels, A., Whitehead, H., Gales, N., Mann, J., Connor, R., Heithaus, M., Watson-Capps, J., Flaherty, C. and Krutzen, M. (2006b). Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to long-term disturbance. *Conserv Biol* **20**, 1791-8.
- Castello, H. P. and Pinedo, M. C. (1979). Southern Right Whales (*Eubalaena australis*) along the Southern Brazilian Coast. *Journal of Mammalogy* **60**, 429-430.
- Christian, J. R., Mathieu, A., Thomson, D. H., White, D. and Buchanan, R. A. (2003). Effect of seismic energy on snow crab (*Chionoecetes opilio*). Calgary, Alberta: Environmental Research Funds.
- Compton, R., Goodwin, L., Handy, R. and Abbott, V. (2008). A critical examination of worldwide guidelines for minimising the disturbance to marine mammals during seismic surveys. *Marine Policy* **32**, 255-262.
- Dunning, D. J., Ross, Q. E., Geoghegan, P., Reichle, J. J., Menezes, J. K. and Watson, J. K. (1992). Alewives avoid high-frequency sound. *North American Journal of Fisheries Management* **12**, 407-416.
- Engås, A., Løkkeborg, S., Ona, E. and Soldal, A. V. (1996). Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **53**, 2238-2249.
- Gordon, J., Gillespie, D., Potter, J., Frantzis, A., Simmonds, M. P., Swift, R. and Thompson, D. (2004). A review of the effects of seismic surveys on marine mammals. *Marine Technology Society Journal* **37**, 16-34.
- Gregory, J., Lewis, M. and Hateley, J. (2007). Are twaite shad able to detect sound at a higher frequency than any other fish? Results from a high resolution imaging sonar. In *Proceedings of the Institute of Acoustics*, pp. 29. Loughborough University, UK.
- Greig, A. B., Secchi, E. R., Zerbini, A. N. and Dalla Rosa, L. (2001). Stranding events of southern right whales, *Eubalaena australis*, in southern Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management Special Issue* **2**, 157-160.
- Groch, K. R., Palazzo, J. T., Flores, P. A. C., Adler, F. R. and Fabian, M. E. (2005). Recent rapid increases in the right whale (*Eubalaena australis*) population off southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* **4**, 41-47.
- Gurjão, L. M. d., Freitas, J. E. P. d. and Araújo, D. S. (2005). Observations of marine turtles during seismic surveys off Bahia, northeastern Brazil. *Marine Turtle Newsletter* **108**, 8-9.
- Hassel, A., Knutsen, T., Dalen, J., Skaar, K., Lokkeborg, S., Misund, O. A., Ostensen, O., Fonn, M. and Haugland, E. K. (2004). Influence of seismic shooting on the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*). *ICES Journal of Marine Science* **61**, 1165-1173.
- Hildebrand, J. A. (2005). Impacts of Anthropogenic Sound. In *Marine Mammal Research: Conservation Beyond Crisis*, (eds. J. E. I. Reynolds W. F. Perrin R. R. Reeves S. Montgomery and T. J. Ragen). Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Lurton, X. and Antoine, L. (2007). Analyse des risques pour les mammifères marins liés à l'emploi des méthodes acoustiques en océanographie (Rapport final). Brest, France: Ifremer DOP/CB/NSE/AS.
- Lusseau, D. and Bejder, L. (2008). The long-term consequences of short-term responses to disturbance experiences from whalewatching impact assessment. *International Journal of Comparative Psychology* **20**, 228-236.

- Marcovaldi, M. Â., Baptistotte, C., Castilhos, J. C. D., Gallo, B. M. G., Lima, E. H. S. M., Sanches, T. M. and Vicitas, C. F.** (1998). Activities by Project TAMAR in Brazilian sea turtle feeding grounds. *Marine Turtle Newsletter* **80**, 5-7.
- Marcovaldi, M. Â. and dei Marcovaldi, G. G.** (1999). Marine turtles of Brazil: The history and structure of Projeto TAMAR-IBAMA. *Biological Conservation* **91**, 35-41.
- McCauley, R. D., Fewtrell, J., Duncan, A. J., Jenner, C., Jenner, M.-N., Penrose, J. D., Prince, R. I. T., Adhitya, A., Murdoch, J. and McCabe, K.** (2000). Marine seismic surveys – A study of environmental implications. *Australian Petroleum Production & Exploration Association (APPEA) Journal* **2000**, 692-708.
- McCauley, R. D., Fewtrell, J. and Popper, A. N.** (2003). High intensity anthropogenic sound damages fish ears. *Journal of the Acoustical Society of America* **113**, 638-642.
- Moein Bartol, S. and Musick, J. A.** (2003). Sensory biology of sea turtles. In *Biology of SeaTurtles*, vol. II (eds. P. L. Lutz J. A. Musick and J. Wyneken), pp. 79-102. Boca Raton, FL: CRC Press.
- National Research Council.** (2005). Marine mammal populations and ocean noise: Determining when noise causes biologically significant effects. Washington, DC: Committee on Characterizing Biologically Significant Marine Mammal Behavior, Ocean Studies Board, Division on Earth and Life Studies, National Research Council, The National Academies Press.
- Nestler, J. M., Ploskey, G. R., Pickens, J., Menezes, J. and Schilt, C.** (1992). Responses of blueback herring to high-frequency sound and implications for reducing entrainment at hydropower dams. *North American Journal of Fisheries Management* **12**, 667-683.
- O'Hara, J. and Wilcox, J. R.** (1990). Avoidance responses of loggerhead turtles, *Caretta caretta*, to low frequency sound. *Copeia* **1990**, 564-567.
- Parente, C. L., de Araújo, J. P. and de Araújo, M. E.** (2007). Diversity of cetaceans as tool in monitoring environmental impacts of seismic surveys. *Biota Neotropica* **7**, 49-56.
- Parente, C. L., Lontra, J. D. and Araújo, M. E. d.** (2006). Occurrence of sea turtles during seismic surveys in northeastern Brazil. *Biota Neotropica* **6**.
- Parente, C. L., Vergara-Parente, J. E. and Lima, R. P. d.** (2004). Strandings of Antillean manatees, *Trichechus manatus manatus*, in northeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* **3**, 69-75.
- Parry, G. D. and Gason, A.** (2006). The effect of seismic surveys on catch rates of rock lobsters in western Victoria, Australia. *Fisheries Research* **79**, 272-284.
- Pearson, W. H., Skalski, J. R. and Malme, C. I.** (1992). Effects of sounds from a geophysical survey device on behavior of captive rockfish (*Sebastes* Spp). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **49**, 1343-1356.
- Pearson, W. H., Skalski, J. R., Sulkin, S. D. and Malme, C. I.** (1994). Effects of seismic energy releases on the survival and development of zoeal larvae of dungeness crab (*Cancer magister*). *Marine Environmental Research* **38**, 93-113.
- Petersen, G.** (2003). Whales beach seismic research. *Geotimes* **Jan 2003**, 8-9.
- Plachta, D. T. T. and Popper, A. N.** (2003). Evasive responses of American shad (*Alosa sapidissima*) to ultrasonic stimuli. *Acoustics Research Letters Online* **4**, 25-30.
- Popper, A. N., Plachta, D. T. T., Mann, D. A. and Higgs, D.** (2004). Response of clupeid fish to ultrasound: a review. *ICES Journal of Marine Science* **61**, 1057-1061.
- Popper, A. N., Smith, M. E., Cott, P. A., Hanna, B. W., MacGillivray, A. O., Austin, M. E. and Mann, D. A.** (2005). Effects of exposure to seismic airgun use on hearing of three fish species. *Journal of the Acoustical Society of America* **117**, 3958-71.
- Richardson, W. J., Greene, C. R., Jr., Malme, C. I. and Thompson, D. H.** (1995). Marine Mammals and Noise. San Diego, CA: Academic Press.
- Rosas, F. C. W.** (1994). Biology, conservation and status of the Amazonian manatee *Trichechus inunguis*. *Mammal Review* **24**, 49-59.
- Ross, Q. E., Dunning, D. J., Menezes, J. K., Kenna, M. J. and Tiller, G.** (1996). Reducing impingement of alewives with high-frequency sound at a power plant intake on Lake Ontario. *North American Journal of Fisheries Management* **16**, 548-559.

- Ross, Q. E., Dunning, D. J., Thorne, R., Menezes, J. K., Tiller, G. W. and Watson, J. K.** (1993). Response of alewives to high-frequency sound at a power plant intake on Lake Ontario. *North American Journal of Fisheries Management* **13**, 291-303.
- Rossi-Santos, M. R., Neto, E. S., Baracho, C. G., Cipolotti, S. R., Marcovaldi, E. and Engel, M. H.** (2008). Occurrence and distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the north coast of the State of Bahia, Brazil, 2000-2006. *ICES Journal of Marine Science* **65**, 667-673.
- Santos, M. C. d. O., Siciliano, S., Souza, S. P. d. and Pizzorno, J. L. A.** (2001). Occurrence of southern right whales (*Eubalaena australis*) along southeastern Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management* **2**, 153-156.
- Skalski, J. R., Pearson, W. H. and Malme, C. I.** (1992). Effects of sounds from a geophysical survey device on catch-per-unit-effort in a hook-and-line fishery for rockfish (*Sebastes* Spp). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **49**, 1357-1365.
- Slotte, A., Hansen, K., Dalen, J. and Ona, E.** (2004). Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast. *Fisheries Research* **67**, 143-150.
- Song, J. K., Mann, D. A., Cott, P. A., Hanna, B. W. and Popper, A. N.** (2008). The inner ears of Northern Canadian freshwater fishes following exposure to seismic air gun sounds. *Journal of the Acoustical Society of America* **124**, 1360-1366.
- Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene, C. R., Kastak, D., Ketten, D. R., Miller, J. H., Nachtigall, P. E. et al.** (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals* **33**, 411-521.
- Stone, C. J. and Tasker, M. L.** (2006). The effects of seismic airguns on cetaceans in UK waters. *Journal of Cetacean Research and Management* **8**, 255-263.
- Tønnessen, J. N. and Johnsen, A. O.** (1982). *The History of Modern Whaling*. Berkeley and Los Angeles, CA: University of California Press.
- Tyack, P. L.** (2008). Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. *Journal of Mammalogy* **89**, 549-558.
- Wardle, C. S., Carter, T. J., Urquhart, G. G., Johnstone, A. D. F., Ziolkowski, A. M., Hampson, G. and Mackie, D.** (2001). Effects of seismic air guns on marine fish. *Continental Shelf Research* **21**, 1005-1027.
- Weir, C. R.** (2007). Observations of Marine Turtles in Relation to Seismic Airgun Sound off Angola. *Marine Turtle Newsletter* **116**, 17-20.
- Weir, C. R.** (2008). Overt responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*), sperm whales (*Physeter macrocephalus*), and Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*) to seismic exploration off Angola. *Aquatic Mammals* **34**, 71-83.
- Weir, C. R. and Dolman, S. J.** (2007). Comparative review of the regional marine mammal mitigation guidelines implemented during industrial seismic surveys, and guidance towards a worldwide standard. *Journal of International Wildlife Law & Policy* **10**, 1-27.
- Wilson, B. and Dill, L. M.** (2002). Pacific herring respond to simulated odontocete echolocation sounds. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **59**, 542-553.
- Wilson, M., Acolas, M.-L., Begout, M.-L., Madsen, P. T. and Wahlberg, M.** (2008). Allis shad (*Alosa alosa*) exhibit an intensity-graded behavioral response when exposed to ultrasound. *Journal of the Acoustical Society of America* **124**, EL243-EL247.
- Zerbini, A. N., Andriolo, A., Rocha, J. M. d., Simões-Lopes, P. C., Siciliano, S., Pizzorno, J. L., Waite, J. M., DeMaster, D. P. and VanBlaricom, G. R.** (2004). Winter distribution and abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off Northeastern Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management* **6**, 101-107.

## **7 APPENDIX 7 – Newsletters of the TECTA Voyage**

Six newsletters were produced during the TECTA voyage to inform, each week, our respective institutions, colleagues, friends and family of the progress made on board of the R/V *L'Atalante*.





Fifteen marine geologists and geophysicists from several countries boarded R/V L'Atalante of Ifremer last Wednesday, 2 September in Noumea, for a 5 week long cruise in the area of Northern Zealandia between New Caledonia, New Zealand and Australia. This cruise, named TECTA, is part of a larger international collaborative program that aims to address an outstanding question in plate tectonic theory: how do subduction zones initiate? Subduction zones are one of three types of plate boundaries where the tectonic plates of the Earth meet. In subduction zones, plates move towards one another, leading one of the two plates to override the other. At the location of such a plate boundary the other plate plunges into the mantle.

Specifically, during the TECTA voyage we will collect data that will help testing the hypothesis that the present day Tonga-Kermadec subduction initiated around 50 million years ago along the Norfolk Ridge / Lord Howe Rise continental margin. Its initiation would have caused a regional tectonic event that affected the entire margin during Eocene and Oligocene time (between 50 and 25 million years ago). We name this tectonic event TECTA (Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area). Our voyage will survey the overriding plate in the region where we think subduction initiated.

In addition to the geoscientists, five marine mammal specialists also boarded the vessel. Their task is to monitor whales and other marine mammals, and implement measures to avoid the impact of the sound waves used during our investigations on the marine environment.

The R/V L'Atalante is operated by a crew of 25 members and, in addition, 11 engineers and technicians operate the scientific and technical equipment. All in all, the ship is at full capacity, and the kitchen does a great job to feed all of us the fabulous French cuisine.

In the upcoming Newsletters we will talk more about some of the work on board, about the equipment that is used for the investigations, and some preliminary results. We will also discuss life on board a research vessel.

Quinze géologues et géophysiciens marins de plusieurs pays ont embarqué à bord du Navire Océanographique L'Atalante de l'Ifremer, mercredi dernier, le 2 Septembre à Nouméa, pour une campagne à la mer de cinq semaines dans la partie Nord du continent Zealandia entre la Nouvelle-Calédonie, la Nouvelle-Zélande et l'Australie. Cette campagne, intitulée TECTA, fait partie d'un programme de collaboration internationale plus large qui vise à répondre à l'une des dernières questions fondamentales non résolues de la théorie de la tectonique des plaques: comment s'initie une zone de subduction? Les zones de subduction sont l'un des trois types de limites de plaques où les plaques tectoniques de la Terre se rencontrent. Dans les zones de subduction, les plaques s'affrontent, l'une s'enfonçant sous l'autre dans le manteau terrestre.

Plus précisément, au cours de la campagne TECTA, nous allons acquérir des données qui aideront à tester l'hypothèse selon laquelle la subduction actuelle des Tonga-Kermadec se serait initiée il y a environ 50 millions d'années le long du continent Zealandia. Son initiation aurait causé un événement tectonique régional majeur ayant affecté toute la région pendant l'Eocène et l'Oligocène (entre 50 et 25 millions d'années). Nous appelons cet événement tectonique TECTA (Événement tectonique du Cénozoïque dans la région de la Mer de Tasman). Pour tester et mieux caractériser cet événement, notre campagne va cartographier la plaque supérieure dans la région où nous pensons que la subduction s'est initiée.

En plus des géoscientifiques, cinq spécialistes des mammifères marins sont également embarqués pour réaliser des observations des baleines et autres mammifères marins afin de mettre en œuvre des mesures pour éviter l'impact des ondes acoustiques utilisées au cours de nos recherches sur l'environnement marin.

Le N/O L'Atalante est opéré par un équipage de 25 personnes et de 11 ingénieurs et techniciens qui opèrent l'équipement scientifique et technique. Au total, le navire est au grand complet, et la cuisine tourne à plein régime pour nous offrir à tous des plats traditionnels exquis.

Dans les prochains bulletins, nous détaillerons davantage le travail à bord, les équipements utilisés pour les investigations et présenterons quelques résultats préliminaires. Nous essaierons aussi de relater la vie à bord d'un navire de recherche.



## Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area

### Interview with Julien Collot, Chief Scientist on the TECTA Voyage

*Can you introduce yourself?*

Sure, my name is Julien Collot. I'm a marine geologist at the Geological Survey of New Caledonia. I did my engineering school studies in Strasbourg, followed by a PhD at Ifremer.

*How did you get the idea for the project and scientific voyage TECTA?*

In fact, Chapter 3 of my thesis was dedicated to the study of the deep structure of the New Caledonia Trough, which is a very enigmatic basin. When we compared the interpretations made around New Zealand with our analyses in New Caledonia we had doubts. We lacked the data to make the link between the two.

*What year was that?*

The 1<sup>st</sup> TECTA proposal was submitted in 2009, and sent to the National Commission for the High Seas Fleet (CNFH). In total we submitted it four times and each time we improved it, based on suggestions of the Commission. The fourth time was the right one and the Commission classified it as a priority. After that we still had to wait for availability of a suitable ship.

*How did you manage to bring together an international team for this voyage?*

Collaboration with our Kiwi and Australian neighbours is natural. For others, we gave seminars in Europe to explain the project and interest our colleagues in joining.

*What will happen after the voyage?*

First there is the data processing. Once processed, we will interpret them with Clément and Aurélien, our two super-PhD students which I hope will allow us to better understand the formation of this region in the context of plate tectonics. The results will be published in scientific journals. IODP drilling will hopefully also happen before 2020.

### Entretien avec Julien Collot, Chef de Mission TECTA

*Peux-tu te présenter?*

Oui, je m'appelle Julien Collot. Je suis géologue marin au Service géologique de la Nouvelle-Calédonie. J'ai fait mes études en école d'ingénieur à Strasbourg, suivi d'une thèse à l'Ifremer.

*Comment est née l'idée du projet et de la campagne à la mer TECTA ?*

En fait, le Chapitre 3 de ma thèse a été dédié à l'étude de la structure profonde du Bassin de Nouvelle-Calédonie, qui est un bassin sédimentaire très atypique. Egalement, lorsque nous avons comparé les interprétations faites dans la zone de la Nouvelle-Zélande avec nos analyses en Nouvelle-Calédonie, on a eu des doutes. Il nous manquait des données pour faire le lien entre les deux.

*En quelle année tout ceci s'est-il monté ?*

La première demande TECTA a été formulée en 2009, et envoyée à la Commission Nationale Flotte Hauturière (CNFH). En tout nous l'avons soumis quatre fois : à chaque reprise nous l'avons améliorée sur la base des suggestions de la Commission. La quatrième fois était la bonne, et la Commission nous a classés prioritaires. Après il fallait attendre la disponibilité d'un navire adapté.

*Comment as-tu réussi à réunir une équipe internationale autour de cette campagne ?*

Avec les Kiwis et les Australiens, la collaboration est naturelle. Pour les autres, nous avons fait des séminaires en Métropole pour expliquer le projet et intéresser nos collègues.

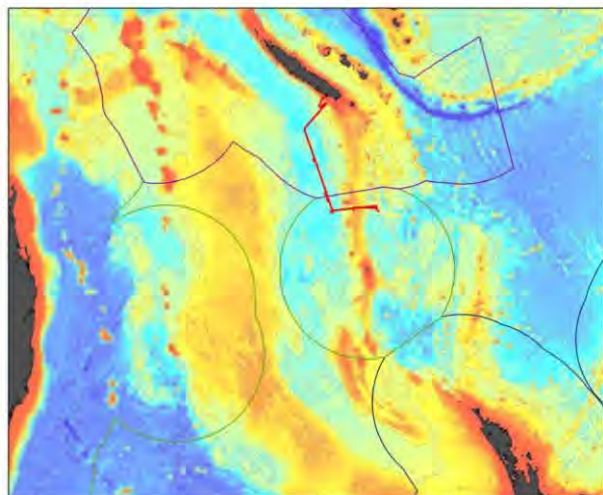
*Qu'est-ce qu'il y aura après la campagne ?*

D'abord il y a le traitement des données. Une fois traitées, nous les interpréterons notamment avec Clément et Aurélien nos deux supers thésards et j'espère que nous pourrons ainsi mieux comprendre la formation de la région dans le contexte de la tectonique des plaques et publier dans des revues scientifiques. Des forages scientifiques verront peut-être le jour d'ici à 2020.



Bathymetric map of the study area showing the landmasses of New Caledonia, New Zealand and Australia in dark grey. Red colours represent relatively shallow water depths, whereas yellow to blue areas are deep (> 1000 m). The limits of the Exclusive Economic Zones of the three countries are indicated in different colours. The red line is showing the route of the research vessel L'Atalante during the TECTA voyage.

*Carte bathymétrique de la zone d'étude montrant les masses terrestres de Nouvelle-Calédonie, Nouvelle-Zélande et Australie en gris foncé. Les couleurs rouges représentent des profondeurs d'eau relativement peu profondes, tandis que les zones jaunes à bleues sont profondes (> 1000 m). Les limites des zones économiques exclusives des trois pays sont indiquées. Le trait rouge montre la route du navire de recherche L'Atalante au cours de la campagne TECTA.*



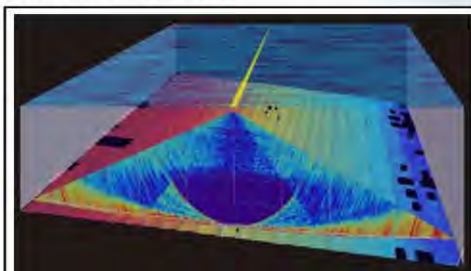


Pour atteindre les objectifs de TECTA, plusieurs instruments scientifiques installés à bord du N / O L'Atalante sont utilisés. Tous ces instruments utilisent des techniques de télédétection pour obtenir des informations sur les fonds marins et le sous-sol. Nous sommes particulièrement intéressés par la déformation des sédiments qui se sont accumulés sur une période de dizaines de millions d'années dans les bassins sédimentaires qui se trouvent sous le plancher océanique. L'histoire de leur déformation va aider à comprendre les forces tectoniques qui ont joué un rôle durant l'initiation de la subduction.

A cet effet, nous utilisons la sismique réflexion multi-trace. Une source sonore est utilisée pour envoyer des ondes acoustiques vers les fonds de l'océan. Une partie du son est réfléchié par le fond et une autre partie par les couches sédimentaires plus profondes et par la croûte terrestre. La flûte sismique, une série d'hydrophones très sensibles étalée sur 4,5 km remorquée derrière le navire, capte les échos qui reviennent. Après un traitement poussé, ces enregistrements dévoilent une sorte d'échographie du sous-sol (voir figure à droite).

Le sondeur multi-faisceaux peut cartographier la profondeur du plancher océanique le long d'un couloir large de plusieurs kilomètres de part et d'autre du trajet du navire. Ces données permettent d'étudier en détail la topographie des fonds marins (voir figure ci-dessous). En outre, les données du sondeur multi-faisceaux peuvent être utilisées pour fournir des informations sur la nature du fond marin. Les données du sondeur de sédiments cartographient les couches sédimentaires près du fond. Ces données sont particulièrement utiles pour étudier la déformation récente et l'impact des courants profonds sur les processus d'érosion et de glissements de terrain sous-marins.

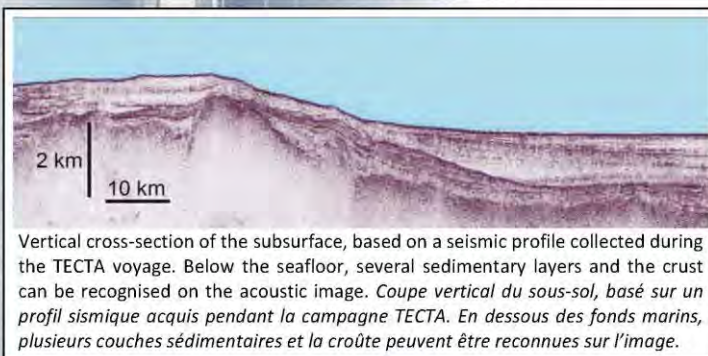
Enfin, nous mesurons aussi les minimes variations du champ magnétique de la Terre, variations qui sont liées aux différents types de roches qui se trouvent sous le plancher océanique.



3D diagram of multi-beam echo sounder acquisition: Ship track indicated in yellow. The triangular area in the forefront represents the acoustic imaging of a swath of the seafloor below, to both sides of the track.  
*Représentation en 3D d'acquisition du sondeur multi-faisceaux: le trajet du navire est indiqué en jaune. La zone triangulaire représente l'illumination acoustique des fonds marins de part et d'autre du trajet.*



To meet the objectives of TECTA, several scientific instruments installed on board of the R/V L'Atalante are used. All these instruments use remote sensing techniques to acquire information about the seafloor and the subsurface underneath the ocean. We are particularly interested in the deformation of the sediments that have accumulated over a period of tens of millions of years in the sedimentary basins located below the seafloor. The history of their deformation will help unravel the tectonic forces that played a role during subduction initiation.



Vertical cross-section of the subsurface, based on a seismic profile collected during the TECTA voyage. Below the seafloor, several sedimentary layers and the crust can be recognised on the acoustic image. *Coupe verticale du sous-sol, basé sur un profil sismique acquis pendant la campagne TECTA. En dessous des fonds marins, plusieurs couches sédimentaires et la croûte peuvent être reconnues sur l'image.*



Marine mammal observers, Elsa and Waia  
*Observateurs de mammifères marins, Elsa et Waia*

For that purpose, we use multi-channel seismic reflection data. A sound source is used to send acoustic waves to the sea bottom. Part of the sound reflects from the seafloor and part from deeper sedimentary layers and the crust. A seismic streamer, a 4,5 km long array of very sensitive hydrophones towed behind the vessel, captures the returning echoes. After a complex processing sequence, these measurements produce what resembles an echogram of the subsurface (see figure above).

The multi-beam echo sounder maps the depth of the ocean floor along a swath that is several kilometres wide on both sides of the ship track. These data allow us to study in detail the topography of the seafloor (see figure to left). In addition, data of the multi-beam echo sounder can be used to provide information on the nature of the seafloor.

The sub-bottom profiler data are mapping the sediment layers close to the surface. This is particularly useful to study recent deformation and the impact of deep water currents on the processes of erosion and submarine landslides.

Finally, we also measure tiny variations of the Earth's magnetic field that are related to the different rock types below the seafloor.



## Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area

### Entretien avec Serge Louzaouen, responsable de l'acquisition de données sismiques

On retrouve Serge dans le conteneur d'acquisition, à côté du laboratoire scientifique.

*Pouvez-vous nous parler de votre carrière à Genavir?*

Après mes études en électronique à Brest, j'ai rejoint Genavir il y a 32 ans. Au début, j'ai fait de l'acquisition et du traitement de données de bathymétrie multi-faisceaux, puis j'ai travaillé sur les différents engins de pêche, et depuis environ 10 ans je suis en charge de l'électronique et de l'acquisition de données de sismique de réflexion. À ce titre, je dirige l'équipe, je suis responsable de la flûte sismique et du contrôle de qualité initial.

*Qu'aimez-vous le plus dans votre travail?*

Les campagnes scientifiques permettent de rencontrer beaucoup de gens de différents horizons, ce qui est très stimulant. Travailler en mer signifie aussi une certaine indépendance dans le travail, et plus d'autonomie dans la prise de décision que à terre. En charge de l'acquisition sismique, je joue également un rôle important dans la relation entre l'équipe scientifique et le Commandant du navire, notamment pour coordonner les opérations sur le pont et la mise à l'eau des instruments. Sans oublier que nous travaillons en équipe h24.

*Quels sont les défis?*

L'objectif est de satisfaire les équipes scientifiques, qui sont en quelque sorte nos clients. Cependant, les conditions en mer ne sont pas toujours idéales, et le mauvais temps affecte les résultats. La météo impacte également le matériel remorqué derrière le navire. Malgré un bon entretien, nous sommes confrontés à des pannes et parfois obligés de réparer en urgence pour éviter la perte de données.

*Combien de temps passez-vous en mer, et en quoi consiste votre travail quand vous êtes à Brest?*

Je passe environ trois mois par an en mer, et j'aurai bientôt 3500 jours de mer sur le compteur. A Brest, je m'occupe de l'entretien. Avec des collègues de l'Ifremer/Genavir, nous travaillons sur l'évolution des équipements, pour rester à « l'état de l'art ».

### Interview with Serge Louzaouen, in charge of seismic data acquisition

We meet Serge in the acquisition container, next to the scientific laboratory.

*Can you tell us about your career at Genavir?*

After studying electronics in Brest, I joined Genavir 32 years ago. I started in multi-beam bathymetry acquisition and processing, then was involved in developing fishing gear, and for the last 10 years I have been in charge of the electronics and data acquisition of the seismic reflection system. In that capacity I manage the team, am responsible for the seismic streamer, and for the initial quality control.

*What do you like the most about your job?*

Scientific cruises allow me to meet people from very different backgrounds, which is very stimulating. Working at sea also means a certain independence in the work and more autonomy in decision making than on land. In charge of the seismic acquisition, I also play an important role in the relation between the scientific team and the Captain of the vessel, notably when we coordinate operations on the deck and deploy the equipment. Not to forget that we are working in shifts all around the clock.

*What are the challenges?*

The aim is to satisfy the scientific teams, who are our clients. However, conditions at sea are not always ideal, and bad weather affects the results. It is also hard on the equipment we tow behind the vessel. Despite regular maintenance, we face emergency breakdowns and have to repair things quickly to avoid data gaps.

*How much time do you spend at sea, and what is your work once back in Brest?*

I spend about 3 months per year on a ship, and will soon have accumulated 3500 days at sea. In Brest, I take care of the maintenance of the equipment. With colleagues from Ifremer and Genavir, we also work on its evolution, to remain at the "state of the art".

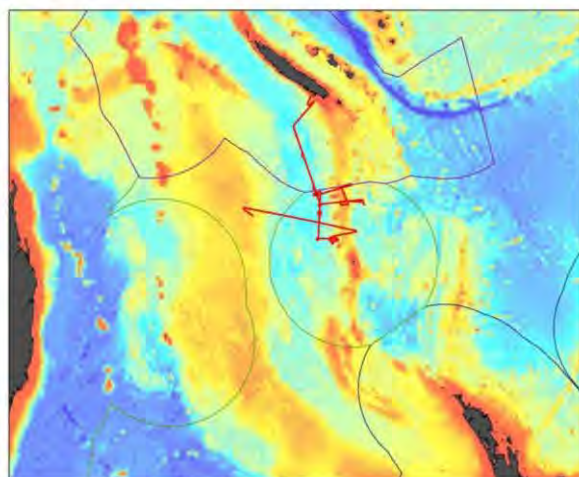


Bathymetric map of the study area showing the landmasses of New Caledonia, New Zealand and Australia in dark grey. Red colours represent relatively shallow water depths, whereas yellow to blue areas are deep (> 1000 m). The limits of the Exclusive Economic Zones of the three countries are indicated in different colours. The red line is showing the route of the research vessel L'Atalante during the TECTA voyage.

<http://www.ifremer.fr/posnav/PosnavWeb/WFNavire.aspx?navire=atalante>

Carte bathymétrique de la zone d'étude montrant les masses terrestres de Nouvelle-Calédonie, Nouvelle-Zélande et Australie en gris foncé. Les couleurs rouges représentent des profondeurs d'eau relativement peu profondes, tandis que les zones jaunes à bleues sont profondes (> 1000 m). Les limites des zones économiques exclusives des trois pays sont indiquées. Le trait rouge montre la route du navire de recherche L'Atalante au cours de la campagne TECTA.

<http://www.ifremer.fr/posnav/PosnavWeb/WFNavire.aspx?navire=atalante>





## Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area

Un navire de recherche, comme tout navire hauturier, est un lieu de travail et une sorte de petit village, flottant sur l'océan. Nous naviguons loin de la terre et en dehors des trajets habituels des transports maritimes. Notre navire, L'Atalante, long de 85 mètres, large de 16 mètres s'étend sur 6 niveaux et a tout ce qu'il nous faut. Nous sommes comme un petit village autosuffisant de 50 habitants, qui, comme la « Big Apple », ne dort jamais. D'une manière générale, un navire de recherche ne va pas vite, et à cause de l'acquisition sismique, notre vitesse est réduite à même pas 10 km par heure, soit la vitesse d'un vélo ... pas un vélo de course, mais celui de votre grand-mère ! Nous opérons 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 et c'est ainsi que nous arrivons à couvrir une vaste région telle que celle du continent immergé Zealandia.

Le travail sur les navires Ifremer est généralement organisé en quarts de 4 heures de travail, suivi de 8 heures hors-quart. Pour la campagne TECTA nous avons décidé d'un arrangement différent pour l'équipe scientifique : nous travaillons un quart de 8 heures, suivi de 16 heures hors-quart. Pendant les quarts les scientifiques sont tenus de surveiller les acquisitions, réaliser un suivi des opérations, traiter et interpréter les données et ajuster le planning des opérations à venir. Pour la plupart d'entre nous ce rythme de quarts de 8 heures est une nouvelle expérience mais s'avère en fait assez efficace. Au cours d'un seul quart, nous pouvons commencer et terminer des tâches plus longues sans interruption que si nous opérions suivant deux quarts de quatre heures ce qui nécessiterait de les reprendre au cours du prochain quart de travail. En outre, les 16 heures hors-quart permettent une bonne nuit de sommeil pour tous (bien que ce ne soit pas pour tout le monde durant la nuit !). Ce temps nous permet aussi de tenir régulièrement des réunions scientifiques, de travailler en groupes restreints et de prendre du temps pour soi. Pendant une mission de 6 semaines qui opère 24h/24, nous apprenons à bien connaître nos collègues, fêter des anniversaires ensemble et la plage avant devient le petit parc de quartier de notre ville flottante où nous discutons au coucher du soleil.

Bien que nous soyons loin de la terre, nous suivons régulièrement les nouvelles. Notre équipe scientifique étant composée de français, de Kiwis et d'australien, nous avons bien évidemment lancé des pronostics sur la Coupe du Monde de Rugby qui se déroule au Royaume Uni. Désolé de dire que la France n'est pas un grand favori dans nos prévisions (sauf pour le chef de mission !). Notre propre sport sur le navire se limite au rameur et au tapis roulant, sans oublier le tournoi de « baby foot » qui est en train de se mettre en place doucement. Le ping-pong avec une houle de travers devient aussi très intéressant.

A research vessel, or any working ship for that matter, is both an office and a kind of little village, floating on the ocean. We are navigating far away from land and outside usual shipping routes. Our ship, L'Atalante, is about 85 meters long, 16 meters wide, six floors high, and has everything that we need. We are a self-sufficient village of 50 residents that, like the Big Apple, never sleeps. A research vessel does not go fast and, because of seismic acquisition, we must go even slower than normal. At less than 10 km per hour, we go at about the speed of a bicycle... pedalled by your grandmother! We work around the clock, and this makes it possible to cover such a large region as the submerged continent of Zealandia, which is our study area.

Work on Ifremer vessels is generally organised in shifts of 4 hours on, followed by 8 hours off. For the TECTA voyage we have decided to have a different arrangement for the scientific team: we work 8 hours straight and then 16 hours off. During the shifts we have to regularly monitor instruments, keep records of operations, process and interpret data, and decide what to do next. For most of us, this 8 hour shift work is a new experience, but it is quite efficient. During a single shift, one can start and finish longer tasks than we could if we operated two four hour shifts, which require tasks to be interrupted and then restarted. Also, the 16 hours off allows everyone to get a good sleep (even if it is not always during the night!). Within that time, we also fit our regular group science meetings, work in smaller groups, and have time to ourselves. During a 6 week voyage that operates 24 hours a day, you really get to know your colleagues well, celebrate birthdays together, and the front deck also becomes like the little neighbourhood park of our floating village where we have a chat at sunset.

Although we are far away from land we still follow the news. Since our scientific team comprises French, Kiwi and Australian members, we closely follow progress in the Rugby World Cup. Unfortunately, France is not a big favourite in our predictions (except for the chief scientist!). Our own sport on the ship is restricted to rowing and running machines, not to forget the table football competition that is slowly picking up speed. Table tennis can also be interesting with a beam swell.

### L'Atalante in the News / L'Atalante dans la Presse

(Les Nouvelles-Calédoniennes, Nouméa ; Le Télégramme, Brest ; <http://www.meretmarine.com/fr>)

*Mercredi 16 septembre à 10h25, un des mécaniciens à bord, a été sérieusement blessé à la main. Contacté par téléphone le Centre de Consultation Médical Maritime du CHU Toulouse décide de son évacuation. Un hélicoptère PUMA des Forces Armées en Nouvelle Calédonie (FANC) est engagé, avec un médecin du service de santé des armées à bord. L'Atalante est alors à 330 nautiques au Sud de Nouméa et doit se rapprocher des côtes afin que le PUMA puisse hélitreuiller le blessé. Le navire fait route vers la Nouvelle-Calédonie pour arriver au point de rendez-vous à 09h00 le lendemain. Jeudi 17 septembre, le PUMA arrive au dessus du navire à 08h50 pour débiter les opérations de treuillage. A 09h00, le blessé est pris en charge dans l'hélicoptère, qui retourne vers le CHT Gaston Bourret de Nouméa. Selon les dernières nouvelles, l'intervention médicale s'est bien déroulée, et le blessé doit retrouver la France sous peu. Nous lui souhaitons un bon rétablissement.*



Wednesday, September 16 at 10:25, one of the sailors on board, seriously injured his hand. Contacted by telephone, the Centre for Maritime Medical Consultation of the Toulouse hospital decided that evacuation was deemed necessary. A PUMA helicopter of the Armed Forces in New Caledonia (FANC) was prepared to join the vessel, with a doctor of its health service on board. L'Atalante was about 330 nautical miles south of Noumea and had to approach the coast so that the PUMA could pick up the injured. The ship set route to New Caledonia to reach the meeting point at 9:00 the next day. Thursday, September 17, the PUMA arrived at 8:50 above the vessel to begin winching operations. At 9:00, the injured was on board the helicopter, which returned to the Gaston Bourret Hospital in Nouméa. According to the latest news, the medical intervention went well, and he should arrive back in France shortly. We wish him a good recovery.



## Entretien avec Philippe Moimeaux, Commandant du N/O L'Atalante

*Bonjour Philippe, peux-tu nous parler de toi ?*

Je m'appelle Philippe Moimeaux et je suis le commandant du N/O L'Atalante sur la campagne TECTA. J'ai commencé ma carrière à GENAVIR en 1993 comme élève, jusqu'à devenir pour la première fois commandant en 2005. J'ai embarqué sur tous les navires hauturiers de l'Ifremer alternant les postes au pont et à la machine afin de rester le plus polyvalent possible.

*Quel est le rôle du commandant à bord d'un navire scientifique ?*

Le commandant est le responsable de la conduite et de la sécurité du navire. Il doit veiller non seulement au respect des règles de sécurité, la sûreté et la prévention de la pollution, mais également aux conditions de travail et de vie des marins et scientifiques embarqués. En tant que responsable du déroulement de la mission, il est aussi l'interlocuteur privilégié du chef de mission. Au début d'une campagne océanographique, des objectifs sont établis et mon rôle est de tout mettre en œuvre pour les atteindre sans casse ni accident malgré les aléas techniques, humains et climatiques. Malgré ça, on n'est jamais à l'abri d'une urgence : c'est le commandant qui coordonne les actions nécessaires dans de tels cas (voir « L'Atalante dans la presse » en première page de ce Bulletin).

*Qu'est-ce qui te plaît le plus dans ton métier ?*

L'équipage est composé de personnes d'horizons très différents : les marins, les sédentaires et les scientifiques qui forment à chaque campagne une nouvelle équipe et c'est parfois un vrai challenge que de fédérer tout le monde autour d'un même projet, mais quand on y arrive, c'est gratifiant. De plus à la différence des cargos qui sont généralement affectés sur des lignes régulières, nous naviguons un peu partout dans le monde et chaque mission est unique d'un point de vue navigation, travaux océanographiques et humain, c'est un peu l'aventure à chaque embarquement!

*Dernière question, aurais-tu un conseil musical à nous donner ?*

Étant Açorien d'adoption, je conseillerais Amália Rodrigues, la reine du Fado portugais.



## Interview with Philippe Moimeaux, Captain of the R/V L'Atalante

*Hello Philippe, what can you tell us about yourself?*

My name is Philippe Moimeaux and I am the Captain of the R/V L'Atalante on this TECTA voyage. I started my career at Genavir in 1992 as a student, and climbed the ladder to become captain for the first time in 2005. I navigated on all high seas vessels of Ifremer, occupying different positions, alternating between the bridge and the machine, in order to stay as versatile as possible.

*What is the role of a captain on board of a scientific vessel?*

The captain is responsible for the navigation and the safety of the ship. He must ensure not only the compliance with safety rules, security and pollution prevention, but also deal with the proper working conditions and lives of sailors and scientists on board. In charge of the conduct of the survey, he is also the primary interface with the Chief Scientist. At the start of an oceanographic cruise, goals are set and my role is to do everything possible to achieve them, without damage or accidents despite the technical, human and climate related hazards. Nonetheless, emergencies can happen, in which case the captain has to coordinate the appropriate actions (see also "L'Atalante in the news" on page one of this Newsletter).

*What pleases you the most in your job?*

The crew consists of people from very different backgrounds: sailors, sedentary staff and scientists make up a new team for each survey. It can be a real challenge to unite everyone around a common project, but when you manage, it's rewarding.

Also, unlike freight ships that are usually assigned to a regular service, we sail around the world and each cruise is unique from the perspective of navigation, oceanographic studies and human interactions; Each time it is somewhat of an adventure!

*Last question, would you have any musical advice for us?*

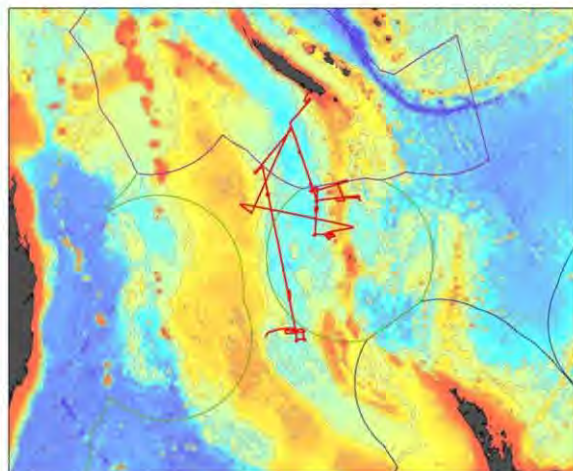
Being adopted by the Azores, I would recommend Amália Rodrigues, the queen of Portuguese Fado.

Bathymetric map of the study area showing the landmasses of New Caledonia, New Zealand and Australia in dark grey. Red colours represent relatively shallow water depths, whereas yellow to blue areas are deep (> 1000 m). The limits of the Exclusive Economic Zones of the three countries are indicated in different colours. The red line is showing the route of the research vessel L'Atalante during the TECTA voyage.

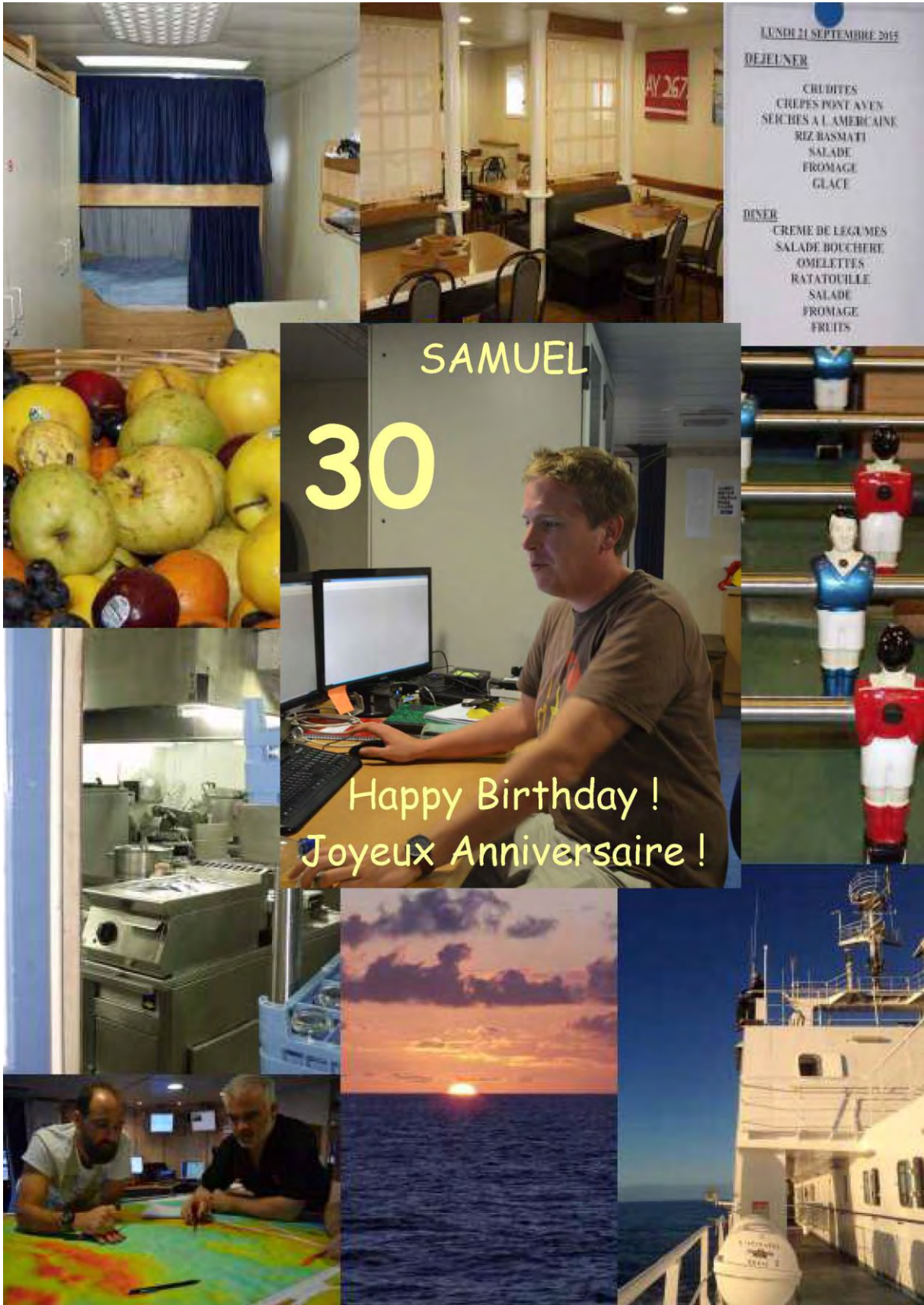
<http://www.ifremer.fr/posnav/PosnavWeb/WFNavire.aspx?navire=atalante>

Carte bathymétrique de la zone d'étude montrant les masses terrestres de Nouvelle-Calédonie, Nouvelle-Zélande et Australie en gris foncé. Les couleurs rouges représentent des profondeurs d'eau relativement peu profondes, tandis que les zones jaunes à bleues sont profondes (> 1000 m). Les limites des zones économiques exclusives des trois pays sont indiquées. Le trait rouge montre la route du navire de recherche L'Atalante au cours de la campagne TECTA.

<http://www.ifremer.fr/posnav/PosnavWeb/WFNavire.aspx?navire=atalante>









## Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area

La recherche scientifique marine est encadrée par la Convention des Nations unies sur le Droit de la Mer, de 1982. Pour réaliser des recherches scientifiques marines dans les zones relevant de la juridiction d'un État côtier, par opposition aux eaux internationales, la permission expresse de cet État côtier est nécessaire. Dans le cas de campagnes sur des navires de l'Ifremer dans les eaux étrangères, la demande d'autorisation est envoyée, six mois avant la campagne, au Ministère français des Affaires étrangères et du Développement international à Paris, qui la transmet à l'ambassade de France dans l'état riverain. La chancellerie transmet par note verbale les documents au ministère des Affaires étrangères de cet état, qui consultera toutes les parties concernées avant d'apporter sa réponse motivée. Au cours des dernières années, et en particulier pour les campagnes sismiques, la permission a souvent été accordée sous réserve de certaines conditions environnementales. Les campagnes menées par l'Ifremer se plient aux exigences réglementaires des pays dont les eaux nationales sont concernées. Par ailleurs, afin d'anticiper ces contraintes, et devant la carence d'une réglementation nationale spécifique aux campagnes en eaux françaises, l'Ifremer a mis en place volontairement depuis 2006 un certain nombre d'actions et de mesures préventives. Dans le cas de TECTA, qui se déroule en partie dans les eaux sous juridiction de l'Australie, l'Ifremer a contracté une société spécialisée, Gardline Environnement Limited (Nouvelle-Zélande), qui a beaucoup d'expérience dans la région, pour l'étude d'impact et pour assurer la liaison avec les autorités australiennes.

À la fin d'un long processus, l'autorisation a été accordée en vertu d'un protocole environnemental strict qui comprend des règles spécifiques relatives à l'observation des mammifères marins. Des mesures similaires sont imposées par l'Ifremer pour les eaux de la Nouvelle-Calédonie et internationales. Pour veiller à ce que ces protocoles soient respectés, cinq scientifiques indépendants associés à l'ULR Valor/Observatoire Pelagis de La Rochelle, sont à bord. Trois observateurs de mammifères marins (Hélène Peltier, Elsa Freschet et Waia Luepak) assurent les observations pendant la journée. Deux opérateurs PAM (surveillance acoustique passive ; Anja Wittich et Laura Ceyrac) alternent sur le dispositif d'écoute sophistiqué qui détecte les bruits spécifiques des mammifères marins. Des mesures appropriées sont prises en cas de présence d'animaux dans les rayons d'exclusion.

Marine scientific research is regulated under the United Nations Convention on the Law of the Sea, of 1982. To conduct marine scientific research in areas under the jurisdiction of a coastal state, as opposed to international waters, express permission of that coastal state is needed. In the case of cruises operated on Ifremer vessels in foreign waters, the request for authorization passes, six months before the survey, through the French Ministry of Foreign Affairs in Paris to the Embassy of France in the country concerned. The Embassy relays the documents to the Ministry of Foreign Affairs of that state, who will then consult with all relevant stakeholders before providing a response. In recent years, and particularly for seismic surveys, permission has often been granted subject to certain environmental conditions. The surveys undertaken by Ifremer in foreign waters comply with the regulations of the countries concerned. Furthermore, in anticipation of these constraints, and in absence of a national regulation with respect to surveys in French waters, Ifremer has put in place, since 2006 and on a voluntary basis, several specific actions and preventive measures. In the case of the TECTA cruise, which takes place partly in waters under Australian jurisdiction, Ifremer contracted a specialized company, Gardline Environmental Limited (New Zealand), who has gained a lot of experience in the region, to conduct the impact study and liaise with the Australian authorities.

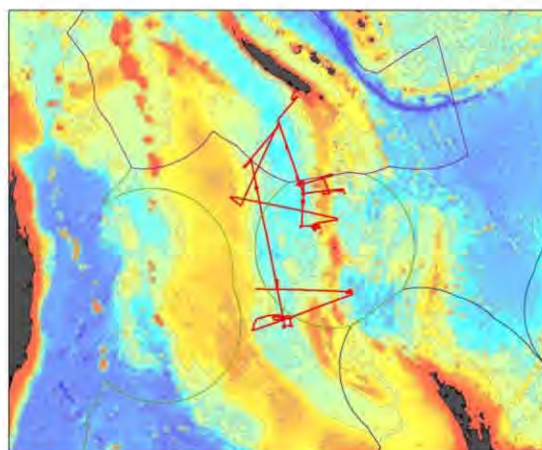
At the end of a long process, authorization was granted under a strict environmental protocol that includes specific rules in relation to the observation of marine mammals. Similar rules are imposed by Ifremer in New Caledonia and international waters. To ensure that these protocols are respected, five independent scientists, associated with ULR Valor/ Pelagis Observatory of La Rochelle, are on board. Three marine mammal observers (Hélène Peltier, Elsa Freschet and Waia Luepak) are on watch during daylight hours. Two PAM (passive acoustic monitoring) operators (Anja Wittich and Laura Ceyrac) are alternating on the sophisticated listening device that can detect the specific noises of marine mammals. Appropriate action is taken in case of presence of animals in the exclusion area around the vessel.

Bathymetric map of the study area showing the landmasses of New Caledonia, New Zealand and Australia in dark grey. Red colours represent relatively shallow water depths, whereas yellow to blue areas are deep (> 1000 m). The limits of the Exclusive Economic Zones of the three countries are indicated in different colours. The red line is showing the route of the research vessel L'Atalante during the TECTA voyage.

<http://www.ifremer.fr/posnav/PosnavWeb/WFNavire.aspx?navire=atalante>

Carte bathymétrique de la zone d'étude montrant les masses terrestres de Nouvelle-Calédonie, Nouvelle-Zélande et Australie en gris foncé. Les couleurs rouges représentent des profondeurs d'eau relativement peu profondes, tandis que les zones jaunes à bleues sont profondes (> 1000 m). Les limites des zones économiques exclusives des trois pays sont indiquées. Le trait rouge montre la route du navire de recherche L'Atalante au cours de la campagne TECTA.

<http://www.ifremer.fr/posnav/PosnavWeb/WFNavire.aspx?navire=atalante>





## Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area



### Interview with Hélène Peltier, Marine Mammal Observer

*Hello Hélène, how did you end up on this ship during a seismic survey?*

I am a research engineer with the Pelagis Observatory laboratory at the University of La Rochelle. I did my thesis on indicators of cetacean populations in Europe. For nearly 10 years now I am participating in surveys for the census of marine mammals. During TECTA, the role of MMOs (Marine Mammal Observers) has two aspects: Observing marine mammals and ensuring that the noise impact of the seismic pulse, generated by the air guns, is minimized according to the imposed mitigation protocols.

*How does it work in practice?*

Three MMOs, and two PAM (Passive Acoustic Monitoring system) operators on board have the power to stop the firing of air guns, if we observe or hear animals within the perimeter defined by the protocol. Australian regulations are very strict in this respect, and Ifremer, in absence of legislation in French waters, uses a very similar protocol. Of course, we lack accurate knowledge about the impact, notably from seismic air guns, such as those used by *L'Atalante*, which are less powerful than a military sonar, for example. But the use of the precautionary principle is relevant, and with more experience, the protocol can evolve. The observations are not only used in order to stop the shooting if necessary, but will also contribute to our knowledge. They are transmitted to the Australian and New Caledonian authorities and to our laboratory in La Rochelle for integration in the respective databases.

*Why all this attention for marine mammals?*

Cetaceans live in a completely acoustic environment. If an animal comes close to a seismic source, this can have physiological consequences, or change behavior. With around the clock efforts of observers and PAM operators, we ensure that the security perimeter defined by the protocols is respected.

*These interruptions are not a source of conflict with the science team?*

No, we have had no problems. I think that everyone has realized that we must try and limit the noise impact, all the while allowing geophysical research to happen. Once an MMO requests to stop shooting, there is no discussion. The instruction goes directly from the observer to the control station of the air guns and to the bridge. We have stopped 13 times and we also gave early warnings in cases that an animal approached. After the interruption we ensure that there are no mammals in the vicinity before we allow the startup procedure to commence.

*Have you seen many animals?*

For our own research, we observe not only marine mammals, but all mega-fauna during the voyage. We saw lots of pilot whales, a kind of dolphin, some very interesting and rare Fraser dolphins, and several humpback whales, albeit at a very large distance. We also saw the occasional shark, turtles and many birds, including albatrosses and shearwaters.

*What for the future of your research career?*

As for me, I like to pursue applied research, and help develop tools for the conservation of the marine environment. Preservation and management of the marine environment has always fascinated me and I am fortunate to work in this field.

### Entretien avec Hélène Peltier, Observatrice des Mammifères Marins

*Bonjour Hélène, comment tu t'es retrouvée sur ce navire pendant une campagne de sismique?*

Je suis ingénieur de recherche à l'Observatoire Pelagis de l'Université de La Rochelle. J'ai fait ma thèse sur les indicateurs de populations des cétacés en Europe. Cela fait près de 10 ans maintenant que je fais des campagnes de recensement des mammifères marins. Pendant la campagne TECTA, le rôle des MMO (acronyme anglais pour les observateurs de mammifères marins) a deux aspects : Observer les mammifères et assurer que l'impact sonore des sources sismiques soit limité en accord avec les protocoles de mitigation imposés.

*Comment cela se passe dans la pratique ?*

Les trois MMOs, et les deux opérateurs PAM (système acoustique de détection des baleines)   bord ont le pouvoir d'arrêter les tirs des canons à air comprimé lorsqu'ils observent ou entendent des animaux à l'intérieur des périmètres d'exclusion définis par le protocole. Les réglementations australiennes sont très strictes sur ce sujet, et l'Ifremer, faute de législation dans les eaux françaises et néo-calédonienne, renforce un protocole assez similaire. Bien évidemment, il nous manque des connaissances précises sur l'impact, notamment d'une source sismique telle qu'utilis e par *L'Atalante*, moins puissante que les sonars militaires, par exemple. Mais l'application du principe de précaution est nécessaire, et ce dispositif, qui est encore en développement, peut évoluer avec l'expérience. Nos observations sont non seulement utilis es dans le but d'arrêter les sources si nécessaire, mais contribuerons aussi à notre connaissance. Elles sont également transmises aux autorités australiennes et néo-calédoniennes, et à notre laboratoire à La Rochelle, pour être int gr es dans les bases de données.

*Pourquoi cette attention particulière pour les mammifères ?*

Il faut savoir que les cétacés vivent dans un environnement entièrement acoustique. Si un animal s'approche de la source sismique, cela peut avoir des conséquences physiologiques, ou de comportement. Avec les efforts 24 heures sur 24 des observateurs et des opérateurs PAM, nous assurons que les rayons de sécurité définis par les protocoles soient respectés.

*Ces arrêts ne sont pas source de conflit avec l'équipe scientifique ?*

Non, cela se passe très bien. Je pense que tout le monde a conscience du fait qu'il faut limiter l'impact sonore tout en faisant de la recherche géophysique. Lorsqu'un MMO ordonne l'arrêt des tirs, il n'y a pas discussion. L'instruction passe directement de l'observateur au poste de commande des canons et à la passerelle. Nous avons ainsi arrêté 13 fois, et nous avons également donné des pré-alertes, en cas d'approche d'un animal. Après l'interruption des tirs, nous assurons qu'il n'y a plus de mammifères dans le périmètre avant de donner l'accord pour un redémarrage.

*Est ce que vous avez vu beaucoup d'animaux ?*

Pour notre recherche propre, nous n'observons pas uniquement les mammifères mais l'ensemble de la méga-faune le long du trajet. Nous avons vu beaucoup de globic phales, sorte de grand dauphin, des dauphins de Fraser relativement rares et très intéressants, et quelques baleines à bosse   très grande distance du bateau. Nous avons vu également des requins, des tortues et beaucoup d'oiseaux, dont des albatros et des p trels.

*Comment tu vois le futur de ta carrière de chercheuse ?*

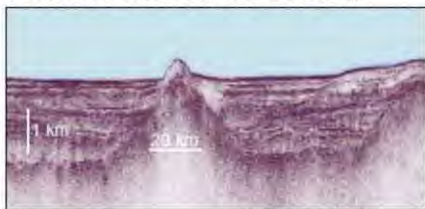
En ce qui me concerne, j'aime bien poursuivre la recherche appliqu e, et aider à développer des outils de gestion pour la conservation du milieu marin. Ce coté préservation et gestion du milieu marin m'a toujours passionné et je suis chanceuse de pouvoir travailler dans ce domaine.





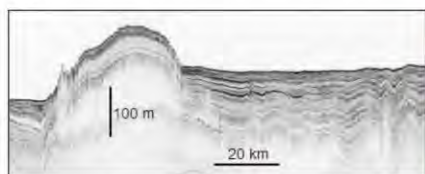
## Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area

After more than four weeks at sea, we have collected a significant amount of data: over 5000 km of seismic reflection data, 7000 km of sub-bottom profiler data, and around 60,000 km<sup>2</sup> of multi-beam bathymetry data. We have started the interpretation of some of the seismic lines. Each interface detected by the seismic waves, called a horizon, is carefully traced using a specific software package. Wherever lines cross, we ensure that the same interpretation is used on the two crossing lines. With the network of long profiles that we have acquired (see map on page 2) we are now able to correctly determine the ages of some of the formations, by linking them to data acquired by scientific drilling.



Profil Sismique / Seismic Profile

Some layers are showing evidence of the deformation we are looking for. In other parts, we find evidence for erosion caused by waves, indicating that this particular geological layer, which is now at 1500 m below the sea, was once very close to sea level. The amount of subsidence, or vertical motion, of this particular formation will be one of the elements to consider in our model for subduction initiation. All this new information, together with the already existing data which we compiled in a large database, will help us solve the puzzle of this particularly complex region of the ocean floor.



Sondeur de Sédiments / Sub-Bottom Profiler

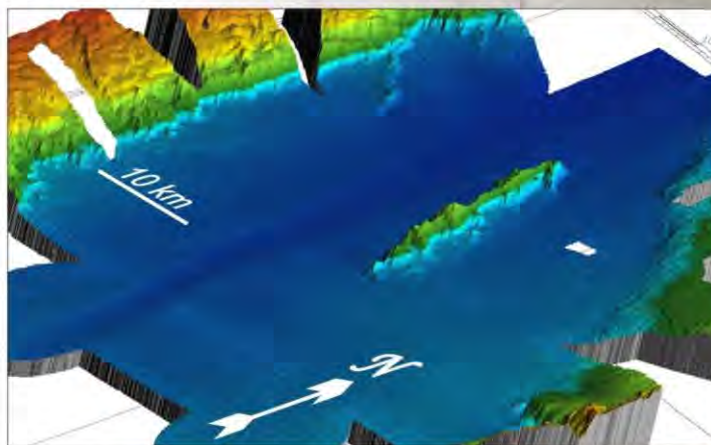
In areas where we thought we would find thrust faults related to compression, we have mapped normal faults which are actually related to extension. In some parts of the survey the new data confirm what we suspected, hence reinforcing some of our interpretations. The scientific work is just beginning, and it is great to see the high quality new data that will be exploited by the team, and most particularly by our two PhD students.

Après plus de quatre semaines en mer, nous avons recueilli une quantité importante de données: plus de 5000 km de données de sismique réflexion, 7000 km de données de sondeur de sédiments, et autour de 60 000 km<sup>2</sup> de bathymétrie multi-faisceaux. Nous avons commencé l'interprétation de certaines lignes sismiques. Soigneusement, chaque interface détectée par les ondes sismiques, appelée horizon, est tracée à l'aide d'un logiciel adapté. Là où les lignes se croisent, nous nous assurons que la même interprétation est utilisée sur les deux lignes. Avec le réseau de longs profils que nous avons acquis (voir carte page 2), nous sommes maintenant en mesure de déterminer correctement les âges de certaines des formations géologiques, en les reliant aux données des forages scientifiques existants.

Certaines couches montrent des signes de déformation que nous recherchions. Dans d'autres régions, nous trouvons des témoins d'érosion causée par les vagues, indiquant que cette couche géologique particulière, qui est aujourd'hui à 1500 m sous la mer, était autrefois très proche du niveau de la mer. Cette quantité de mouvement vertical (de subsidence) ainsi déterminée sera l'un des éléments à prendre en compte dans notre modèle d'initiation de subduction. Toutes ces nouvelles informations, combinées avec les données existantes que nous avons compilées dans une base de données régionale, vont nous aider à résoudre le puzzle de cette région particulièrement complexe.

Dans les zones où nous pensions que nous allions trouver des failles chevauchantes liées à un régime compressif, nous avons en fait découvert des failles normales reflétant un régime extensif. Dans d'autres zones, les nouvelles données ont confirmé ce que nous soupçonnions, renforçant ainsi certaines de nos interprétations.

Le travail scientifique ne fait que commencer, et il est formidable de voir ces nouvelles données de haute qualité, qui seront exploitées par l'équipe, et plus particulièrement valorisées par nos deux doctorants.



Vu en 3D de la bathymétrie du Bassin de Nouvelle-Calédonie sur lequel on distingue un chenal actuel et une ride d'origine inconnue / 3D view of the bathymetry of the New Caledonia Trough which reveals a submarine channel and a ridge of unknown origin



## Tectonic Event of the Cenozoic in the Tasman Area

### Interview with Clément Roussel, PhD Student

*Hi Clément, what is your role in TECTA?*

I am 24 years old, and I am doing my thesis on the geophysics of the New Caledonia Basin. I obtained a PhD scholarship jointly from Ifremer and the Geological Service of New Caledonia to work on TECTA; I work with Julien Collot and Martin Patriat on this exciting project. I am registered at Victoria University in Wellington, supervised by Rupert Sutherland, who also works at GNS Science, one of the project partners.

*Can you describe your background?*

After a Bac-S, I did two years of "preparation" in Maths and Physics, followed by a Bachelor in Mathematics from Grenoble. Then I joined an engineering school (ENSTA Bretagne, in Brest) to do Hydrography and Oceanography. In parallel, during the final year, I did a Master in Marine Geophysics at the IUEM of Brest University.

*Why are you interested in the New Caledonia Basin?*

In fact, my primary interest is really geophysics in general, and the tectonic history of the New Caledonia Basin is a very interesting geophysical topic that is still not well explained. My thesis aims at better understanding its formation, which may be closely linked to the initiation of the Tonga-Kermadec Subduction Zone, about 45 million years ago. I will be using the TECTA seismic data, linked to scientific borehole data for precise dating of events, and comparing them with numerical modelling of subduction initiation. This should help discriminate between different scenarios that have been published for the evolution of the SW Pacific. I am using the FLAMAR modelling software, in collaboration with the ISTEP laboratory at Paris VI university, to model the processes at crustal and mantle scales.

*How do you see your future?*

I really like teaching, pedagogy and knowledge transmission. Teaching obliges you to re-think the basics, and stay in contact with the theory. I see myself easily as researcher/teacher at a university.

### Entretien avec Clément Roussel, thésard

*Salut Clément, quel est ton rôle dans TECTA?*

J'ai 24 ans, et je suis étudiant en thèse sur la géophysique du Bassin de Nouvelle-Calédonie. J'ai obtenu une bourse doctorale conjointe de l'Ifremer et du Service géologique de la Nouvelle-Calédonie au sujet de TECTA. Mes tuteurs sur ce projet passionnant sont Julien Collot et Martin Patriat. Je suis inscrit à l'Université Victoria, Wellington, où je suis encadré par Rupert Sutherland, qui travaille également à GNS Science, un des partenaires du projet.

*Peux-tu décrire ton parcours?*

Après un Bac-S, j'ai fait deux ans de prépa en Mathématiques et Physique, suivie d'une Licence en Mathématiques à Grenoble. Puis j'ai intégré une école d'ingénieur (ENSTA Bretagne, à Brest) en hydrographie et océanographie. Parallèlement, au cours de la dernière année, j'ai fait un Master en géophysique marine à l'IUEM de l'Université de Brest.

*Pourquoi es-tu intéressé par le Bassin de Nouvelle-Calédonie?*

En fait, mon intérêt principal est vraiment la physique de la terre en général, et le bassin de Nouvelle-Calédonie est un objet géophysique très intéressant qui n'est pas encore bien expliqué. Ma thèse vise à mieux comprendre sa formation, qui est peut être étroitement liée à l'initiation de la zone de subduction de Tonga-Kermadec, il y a environ 45 millions d'années. J'utiliserai les données sismiques de TECTA, en lien avec les données de forages scientifiques existant qui permettent la datation précise des événements, pour les confronter aux modèles numériques d'initiation de subduction. Cela pourrait contribuer à une discrimination entre les différents scénarios qui ont été publiés pour l'évolution du SW Pacifique. J'utilise le logiciel de modélisation FLAMAR, en collaboration avec le laboratoire ISTEP de l'université Paris VI, pour modéliser ces processus à l'échelle de la croûte et du manteau.

*Comment vois-tu ton avenir?*

J'aime vraiment l'enseignement, la pédagogie et la transmission des connaissances.

L'enseignement vous oblige à repenser les bases, et rester en contact avec la théorie. Je me vois bien enseignant-chercheur au sein d'une université.

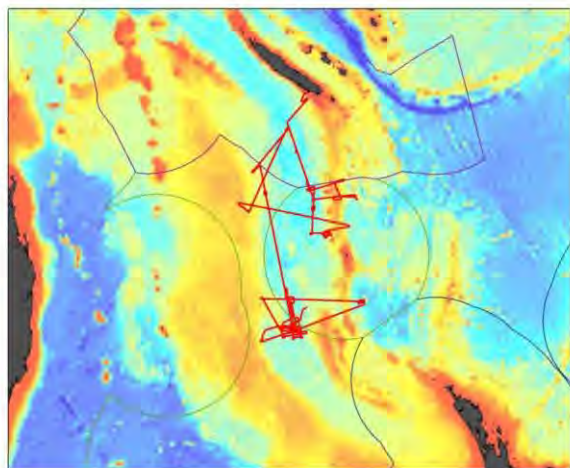


Bathymetric map of the study area showing the landmasses of New Caledonia, New Zealand and Australia in dark grey. Red colours represent relatively shallow water depths, whereas yellow to blue areas are deep (> 1000 m). The limits of the Exclusive Economic Zones of the three countries are indicated in different colours. The red line is showing the route of the research vessel L'Atalante during the TECTA voyage.

<http://www.ifremer.fr/posnav/PosnavWeb/WFNNavire.asp?navire=atalante>

Carte bathymétrique de la zone d'étude montrant les masses terrestres de Nouvelle-Calédonie, Nouvelle-Zélande et Australie en gris foncé. Les couleurs rouges représentent des profondeurs d'eau relativement peu profondes, tandis que les zones jaunes à bleues sont profondes (> 1000 m). Les limites des zones économiques exclusives des trois pays sont indiquées. Le trait rouge montre la route du navire de recherche L'Atalante au cours de la campagne TECTA.

<http://www.ifremer.fr/posnav/PosnavWeb/WFNNavire.asp?navire=atalante>







This is the last Newsletter of the TECTA voyage... we are on our transit back to Nouméa and it is time to look back on a successful five and a half week's voyage, where we managed to collect exciting new data of excellent quality, despite ups and downs. It is time to thank all those who have made this voyage possible. There are so many of you to thank that it is easy to forget someone. If that were to happen, please excuse us.

First of all a warm thanks goes to the Captain of the R/V L'Atalante, Philippe Moimeaux, and his crew, who have managed to make this voyage a success, and allowed us to work in a collegial and friendly atmosphere. A particular mention is warranted of the kitchen and house-keeping staff, who provided us with great food and perfect service. The Genavir staff, in particular Erwan Nedelec, that dealt with the sometimes-stubborn air guns and those dealing with the streamer and all data acquisition are gratefully acknowledged.

Anne Pacault, Yannick Thomas and Bruno Marsset of Ifremer/Brest have contributed significantly to the success of the seismic acquisition, by their tireless efforts in relation to the new streamer and by adapting the software to allow proper data processing on board.

Jean Xavier Castrec of Ifremer/DMON is thanked for his continuous support during the cruise preparations, the handling of requests for authorization for marine scientific research in waters under jurisdiction of three different nations, and coordinating the environmental aspects of the permissions. His support for last minute changes in the seismic source, based on the trial results, and changes in the itinerary of the vessel was crucial. Mr Lapèze of the French Embassy in Australia is thanked for his efforts in securing the authorizations from Australian authorities. We also thank Remy Balcon (Genavir) and Mark Alcock of Geoscience Australia for their support.

Special thanks go to the staff of Ifremer/NSE, notably Cecile Ducatel, Yves Le Gall and Xavier Lurton, for dealing with all aspects related to marine mammal protection. Their continued reactivity, even during the cruise, is gratefully acknowledged.

Ceci est le tout dernier Bulletin de TECTA. Nous sommes actuellement sur notre transit retour vers Nouméa et c'est le moment de regarder en arrière les dernières six semaines de mission. Nous avons réussi avec succès l'acquisition de nouvelles données intéressantes et d'excellente qualité, malgré les différents aléas. Il est temps de remercier tous ceux qui ont aidé à rendre cette mission possible. Il y en a tellement qu'il est facile d'en oublier. Si cela devait se produire, nous vous demandons de nous en excuser.

Avant tout, un grand merci au Commandant du N/O L'Atalante, Philippe Moimeaux, et son équipage, qui ont réussi à faire de cette mission un succès dans une ambiance amicale et collégiale. Une mention particulière est notée pour le personnel de la cuisine et du ménage pour le service parfait et la qualité des repas.

Le personnel de Genavir s'occupant de la source sismique, et plus particulièrement le responsable, Erwan Nedelec, ainsi que ceux qui s'occupaient de la flûte et du suivi des acquisitions de données sont également remerciés.

Anne Pacault, Yannick Thomas and Bruno Marsset et (Ifremer/Brest) ont contribué de manière significative aux résultats de la mission de par leurs efforts inlassables dans le cadre de l'adaptation de la nouvelle flûte et du logiciel pour le traitement à bord.

Jean Xavier Castrec de l'Ifremer / DMON est remercié pour son attention continue pendant les préparatifs de la mission, le suivi des demandes d'autorisation de recherche scientifique marine dans les eaux sous juridiction de trois Etats différentes, et la coordination des aspects environnementaux de ces autorisations. Son soutien aux changements de dernière minute était crucial, afin de permettre à la fois l'optimisation de la source sismique, sur la base des résultats de l'essai, et les changements dans l'itinéraire du navire. M. Lapèze de l'Ambassade de la France en Australie est remercié pour ses efforts en lien avec l'obtention des autorisations des autorités australiennes. Nous remercions également Remy Balcon (Genavir) et Mark Alcock de *Geoscience Australia* pour leur soutien.

Des remerciements particuliers vont à Cécile Ducatel, Yves Le Gall et Xavier Lurton de l'Ifremer/NSE, qui ont fait face à tous les aspects liés à la protection des mammifères marins. Leur réactivité, même pendant la mission a été appréciée.





Due to the strict environmental regulations with respect to marine mammals, five independent scientists associated to University of La Rochelle were on board to monitor the presence of marine mammals around the vessel during seismic acquisition. The complexity of this task was new to most of us who have collected seismic data in the past. We want to thank them greatly for their professional attitude throughout the survey.

The Chief Scientist particularly wants to thank his managers in the Geological Survey of New Caledonia (B. Robineau) and Department of Industry, Mines and Energy of New Caledonia (D. Le Moine) as well as the ADECAL (A. Rivaton) for their continuous support to these research efforts that allowed this project to be finally realized.

We would also like to thank Y. Lafoy, Official Representative of New Caledonia to New Zealand, and the "Fond Pacifique" that funded the trips between 2011 and 2013 that allowed us to "build" the TECTA and VESPA proposals.

It is also important to thank the French "Commission Nationale Flotte Hauturière" who evaluated this project and allowed to enhance it through numerous useful reviews. The voyage was funded by the French Ministry of Higher Education and Research through Ifremer as one of the operators of the French national oceanographic fleet.

The PhD scholarship, provided jointly by Ifremer and the Geological Survey of New Caledonia to one of our PhD students (Clément Roussel) is also gratefully acknowledged.

En raison des réglementations environnementales strictes à l'égard des mammifères marins, cinq scientifiques indépendants associés à l'Université de La Rochelle étaient à bord pour observer les mammifères marins autour du navire lors de l'acquisition sismique. Cette tâche était nouvelle pour la plupart d'entre nous, qui pour autant avaient déjà acquis des données sismiques dans le passé. Nous tenons à remercier les observateurs grandement pour leur attitude professionnelle tout au long de la campagne.

Le chef de mission tient tout particulièrement à remercier sa hiérarchie au sein du Service géologique de Nouvelle-Calédonie (B. Robineau) et la Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie (D. Le Moine) ainsi que l'ADECAL (A. Rivaton) pour leur soutien continu à ces travaux de recherche ce qui a permis à ce projet d'être finalement réalisé.

Nous tenons aussi à remercier Y. Lafoy, délégué pour la Nouvelle-Calédonie en Nouvelle-Zélande, et le « Fond Pacifique » qui a financé plusieurs missions nécessaires au montage des deux dossiers CNFH TECTA et VESPA entre 2011 et 2013.

Il nous semble également important de remercier la Commission Nationale Flotte Hauturière (CNFH) qui a évalué ce projet et a permis de l'améliorer à travers de nombreux commentaires utiles. Cette mission a été financée par le ministère français de la Recherche et de l'Enseignement supérieur à travers Ifremer en tant qu'un des opérateurs de la flotte océanographique nationale française.

Le co-financement par Ifremer et le SGNC de la bourse doctorale de Clément Roussel mérite aussi d'être ici mentionnée.

Science party / Equipe scientifique : J. Collot, R. Sutherland, W. Roest, M. Patriat, S. Etienne, C. Juan, A. Bordenave, C. Roussel, B. Marcaillou, P. Schnurle, D. Barker, W. Stratford, S. Williams, S. Wolf MMO/PAM : H. Peltier, A. Wittich, L. Ceyrac, W. Luepak, E. Freschet



