

CRACK Marine geophysical survey

Cruise report / Rapport de Campagne

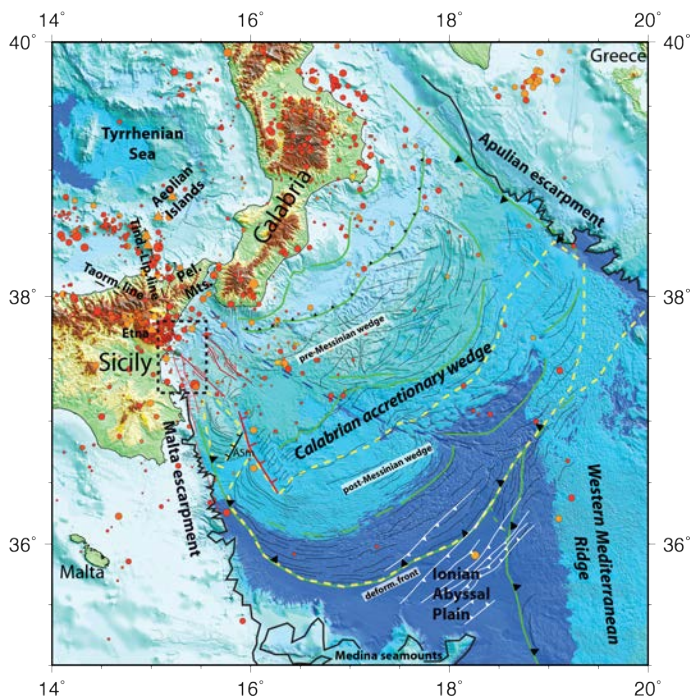
CRACK (Catania margin, Relief, ACtive faults and historical earthquaKes)

Dates : 18 August - 3 September 2016

Port of departure Catania

Port of return Catania

Southern Italy is one of the most seismically active regions in the world and has been struck repeatedly by deadly historical earthquakes (Catania 1693 M7.5 40,000 deaths, Messina 1908 M7.2 70,000). These earthquakes are related to the plate tectonic movements in the region dominated by the NE dipping subduction of the Ionian Sea lithosphere beneath Calabria and NE Sicily. The rollback of this slab causes SE motion of portions of the upper plate (Calabria and the Peloritan block of NE Sicily) inducing strike-slip motion. Given the tectonic complexity of the zone, and the fact that most of these earthquakes occurred in the pre-instrumental era, in many cases the exact fault that caused a given major earthquake remains unknown or is debated. Furthermore, there is a network of E and SE striking faults on the eastern flank of Mt. Etna associated with a gradual seaward slumping and sliding of the volcanic evidence (Chiocci et al., 2011; Bonforte et al., 2011; Gross et al., 2016). In the deeper offshore domain major faults have also been mapped in recent years (Gallais et al., 2012; Gutscher et al., 2016). The purpose of the CRACK project is to investigate the coastal zone offshore eastern Sicily in order to identify active and potentially seismogenic faults. The new data acquired can help establish connections between faults mapped onshore and those mapped in deeper waters. This geophysical survey is the third in a series of cruises in recent years with Italian and German partners including the CIRCEE survey (R/V Suroit Oct. 2013) and the DIONYSUS survey (R/V Meteor Oct. 2014).



The objective of this marine geophysical survey is to quantify the deformation on the seafloor offshore Eastern Sicily in the Etna-Catania region. Deformation here is thought to be related to a network of faults mapped in recent surveys (Fig. 1B, Fig. 2A) (Chiocci et al., 2011 ; Gallais et al., 2013 ; Gross et al., 2014 ; 2016 ; Gutscher et al., 2016). The goal is to improve current estimates of the seismic hazard posed by these faults.

This project represents an international collaboration with 6 institutes from 4 different countries (IUEM/UBO/CNRS Brest, Ifremer Brest ; Geomar, Kiel et Univ. Kiel, Allemagne ; Univ. Catania, Italy; Univ. Malta). An additional contribution (originally unplanned in the cruise proposal) was downloading data and communicating with a network of 5 seafloor geodetic stations (Fig. 1B, Fig. 2B), deployed by Geomar in April 2016 (Magomet cruise R/V Poseidon) across the submarine prolongation of one of the major faults on the SE flank of Mt. Etna (Fig. 2A) (Chiocci et al., 2011 ; Gross et al., 2014 ; 2016). Scientific teams from Brest (Ifremer and Labor. Domaines Océaniques)

and from Kiel (Geomar) are already collaborating on an ambitious multi-year research project “MarSite” (in the Sea of Marmara, near Istanbul) with similar methods.

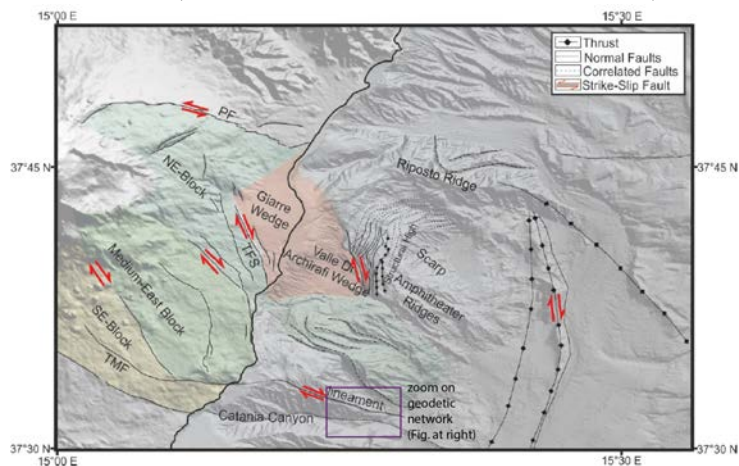


Figure 2A: Shaded relief map of Mt. Etna's eastern flank including major tectonic structures. PF = Permiana Fault, TFS = Timpe Fault System, TMF = Tremestieri-Trecastagni fault system.

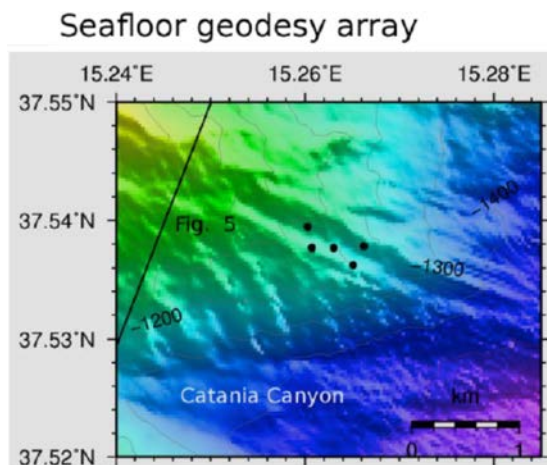


Fig. 2A (left)) Onshore and offshore fault map for Mount Etna, showing the study area for submarine geodetic stations (after Gross et al., 2016). Fig 2B (right) Zoom of the seafloor bathymetry showing the 5 seafloor geodetic stations (Fig. 2B – right)) deployed in April 2016 by the German R/V Poseidon for a period of three years.

The survey was divided into three legs of 5 days, with a 1-day port-call between legs for resupplying the vessel and exchanging the crew of the vessel and the scientific party.

Leg 1: 18 Aug. - 22 Aug. (Catania - Catania)

Leg 2: 24 Aug. - 28 Aug. (Catania - Catania)

Leg 3: 30 Aug. - 3 Sept. (Catania - Catania)

Participants of the CRACK survey

Nom	Prénom	Spécialité (géologie, physique, chimie, biologie, mécanique, électronique, informatique, etc.)	Responsabilité et rôle à bord (données, analyses ...)	Organisme employeur	Période à bord (Exemple L3= Leg N°3)		
					L1	L2	L3
GUTSCHER	Marc-André	Géophysique tectonique	Chef de mission, bathymétrie	CNRS	x	x	x
GRAINDORGE	David	Géophysique, sismique	Sismique	UBO		x	x
LE ROY	Pascal	Géophysique marine, sédimentologie	Sismique	UBO	x		
PRUNIER	Christophe	Instrumentation marine, sismique	Sismique, Bathy	UBO		x	x
BEAUVERGER	Mickael	Hydrographie, sondeur bathymétrique	Bathy	CNRS		x	x
DELLONG	David	Géophysique marine	Sismique	UBO / Ifremer	x	x	x
MERCIER DE LEPINAY	Bernard	Géophysique sismique	Sismique	GeoAzur	x	x	x
DOMINGUEZ	Stephane	Tectonique, imagerie bathymétrique	Bathymétrie	Geosciences Montpellier		x	x
BARRECA	Giovanni	Tectonique	Bathymétrie	Univ. Catania	x		x
CUNARRO	Daniel	Tectonique, sédimentologie	Sismique	Univ. Malta	x		
PETERSEN	Florian	Géophysique, sismique	Sismique	Geomar, Kiel	x		
Nombre TOTAL de personnes embarquées, par catégorie							

Methods / Méthodes : Reflection seismic profiling (in French)

Sismique réflexion

1) Principe

La sismique réflexion consiste à enregistrer, à l'aide d'un récepteur (hydrophones, alignés à l'intérieur d'une flûte ou *streamer*) des ondes émises par une source artificielle (électrique ou pneumatique) après qu'elles se soient réfléchies sur les différentes interfaces du sous-sol (**Figure 3**). Les temps d'arrivée de ces ondes réfléchies nous renseignent sur la géométrie des interfaces.

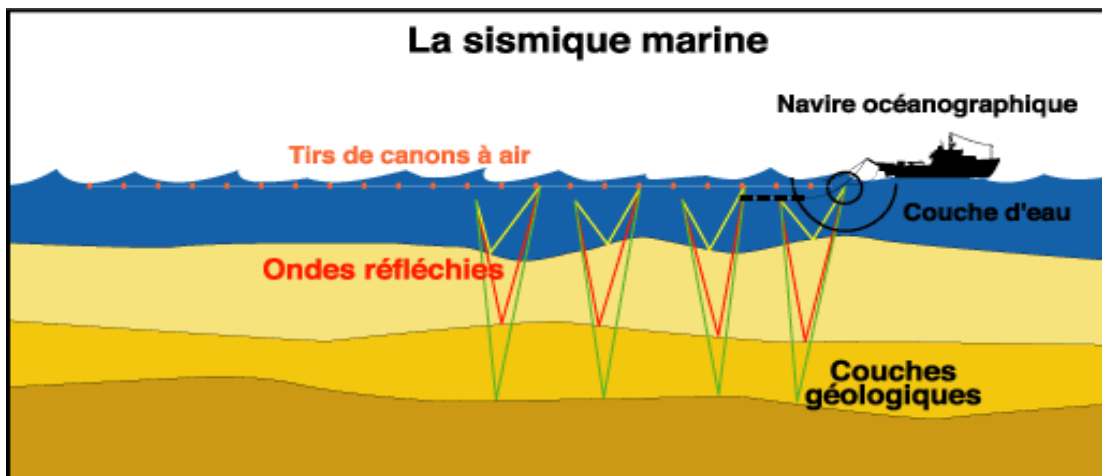


Figure 3 : Principe de la sismique réflexion : source et récepteur sont tirés par le bateau. On enregistre à intervalles de distance réguliers les ondes réfléchies sur les différentes interfaces du sous-sol.

Toutefois, sur les traces sismiques enregistrées, les réflexions sont parfois difficiles à distinguer du bruit. La SMT (Sismique Multi Trace) a pour principe l'acquisition de plusieurs traces réfléchies en un même point de réflexion (nommé Point Miroir ou *CMP*). Lors du traitement des données, l'addition des traces réfléchies en un même *CMP* permet d'améliorer le rapport Signal/Bruit en sommant de manière constructive les signaux réfléchis, en phase d'une trace à l'autre, et en atténuant le bruit, réparti de manière aléatoire le long des traces. Sur la section sismique qui résulte de la sommation en couverture multiple (*stack*), les réflexions sont ainsi plus facilement identifiables, et la pénétration est améliorée.

L'acquisition de traces multiples en un même point de réflexion nécessite l'utilisation d'une flûte contenant plusieurs récepteurs indépendants appelés *traces* (**Figure 4**). Lors de tirs successifs, le décalage du dispositif source récepteur le long du profil permet l'enregistrement de plusieurs traces sismiques en un même *CMP*.

La couverture *C* définit le nombre de traces réfléchies en un même point miroir. Le rapport Signal/Bruit est amélioré de \sqrt{C} lors de la sommation des traces d'un même *CMP*. Ainsi, plus la couverture est forte, meilleure est la qualité des données.

La couverture est définie par :

$$C = N \times dTR / (2 \times dtirs)$$

Avec N = nombre de traces dans la flûte
 dTR = longueur des traces de la flûte
 d tirs = distance entre tirs.

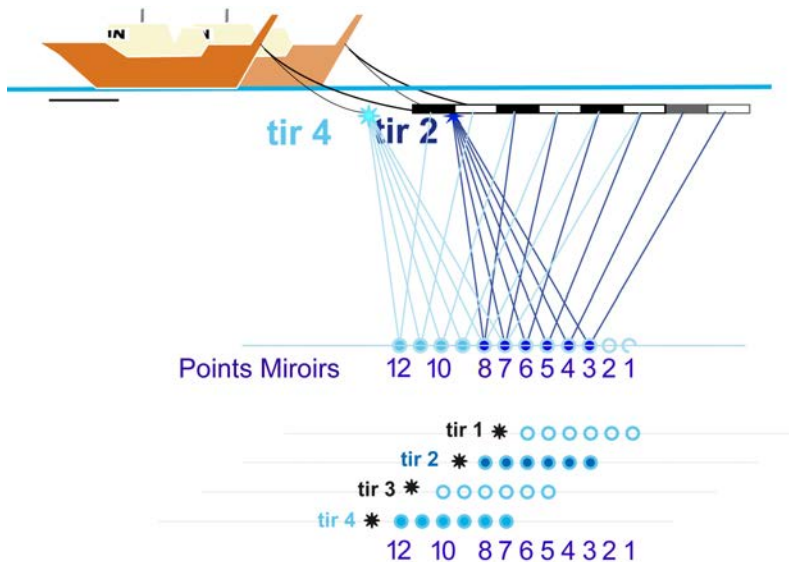


Figure 4 : Principe d'acquisition en couverture multiple. Chaque point miroir du sous-sol est vu lors de tirs successifs par des traces différentes de la flûte. La couverture correspond au nombre de traces sismiques réfléchies en un même point miroir.

Le nombre de traces sur la flûte et la longueur des traces étant fixés, la couverture est conditionnée par la distance entre tirs, qui dépend de la vitesse du bateau et de la cadence de tirs. Dans le cadre de la campagne CRACK avec une flûte de 6 traces, il était impératif dans le cas de l'utilisation de la multitrace de respecter une distance entre tirs de 4 m pour obtenir une couverture maximale de 6. La vitesse du navire est limitée 5 nœuds pour limiter la traction mécanique sur le dispositif d'acquisition.

2) Outils

La système utilisé est un système dit « *sparker* » qui se compose de 4 éléments de base (**Figure 5**) :

- La source d'énergie ou unité de puissance,
- La source d'émission : peigne ou boomer,
- Le récepteur du signal : flute ou streamer,
- L'unité de contrôle et d'acquisition

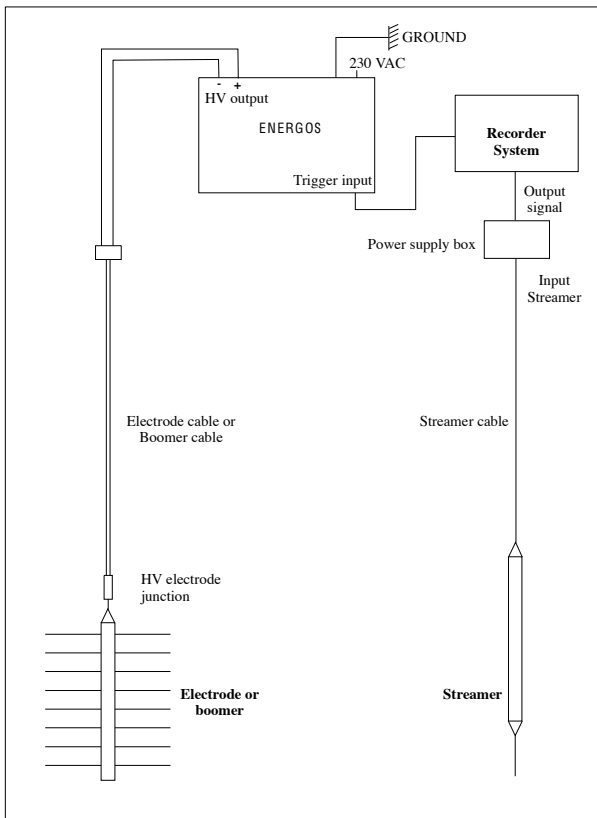


Figure 5 : Schéma de principe de éléments constitutifs du système SPARKER.

- La source d'énergie ou unité de puissance, Durant la campagne CRACK, nous avons utilisé deux sources d'énergie qui se différencient par l'énergie qu'elles peuvent fournir : SIG 1000, SIG2000. Ces trois unités sont alimentées en courant alternatif 220 V par le navire.

Les performances de l'unité de puissance sont limitées, ainsi aux différents niveaux d'énergie, on ne peut pas tirer à une cadence inférieure à la cadence maximale pour laisser le temps aux capacités de se recharger.

SIG 1000 (Figure 6) et SIG 2000 :

Nous décrivons ici que le SIG 1000, le SIG 2000 étant semblable en tous points excepté le fait qu'il permet de tirer à 2000 J.

L'unité de puissance SIG 1000 contient 3 capacités d'une valeur totale de 256 μ F. Elles sont connectées en parallèle par une carte de sélection de puissance déterminée en fonction de l'énergie désirée. Elles sont mises ON ou OFF par des relais de 15 kV, permettant une sélection rapide de l'énergie entre 250 et 1000 Joules.

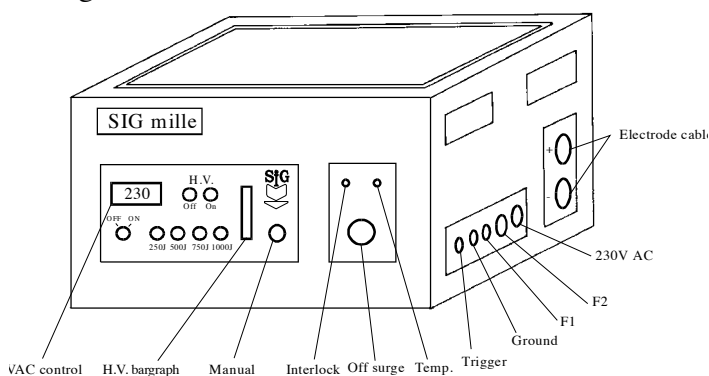


Figure 6 : Dessin et photo d'installation de l'unité de puissance SIG 1000.

Les performances de l'unité de puissance sont limitées, ainsi aux différents niveaux d'énergie, on ne peut pas tirer à une cadence inférieure à la cadence maximale pour laisser le temps aux capacités de se recharger (**Tableau 1**).

POWER SELECTIONS	MAX. SHOOTING RATES
250 J	330 ms
500 J	500 ms
750 J	750 ms
1000 J	1 sec

Tableau 1 : Cadences maximales SIG 1000

Les caractéristiques techniques précises sont indiquées dans le tableau suivant, elles permettent de connaître les performances de l'instrument (**Tableau 2**).

Parts	Characteristics
HV transformer	0 - 230 VAC – 3600 VAC 5 kVA
Thyristor	5200 V DRM 1450 A
Coupling/discharge relays	15 kV rated voltage spring relays
Choke capacitors	32 μ F +/- 10 % (x 2) 64 μ F +/- 10 % (x 1)
Discharge resistors	10 k Ω - 72 W (x 3)
AC Display	230 VAC
Power selector card	4 power selections ; 6V
Power supply card	15 V not regulated
Gate control card	Output current 1A
Supervisor card	4000 V cut
H.V. Diodes card	6000 VDC 6A
HV bargraph card	0 – 4 kVDC

Tableau 2 : Caractéristiques techniques du SIG 1000.

- La source d'émission : peigne ou boomer

PEIGNE (**Figure 7**) ou électrode

Le peigne est l'extrémité du système source qui va permettre l'émission d'une onde acoustique. L'énergie accumulée dans les capacités des unités de puissance est libérée de manière soudaine entre l'anode et la cathode du peigne formant un arc électrique. Cet arc électrique vaporise l'eau environnante formant une bulle qui en implosant sur elle même génère une onde acoustique.

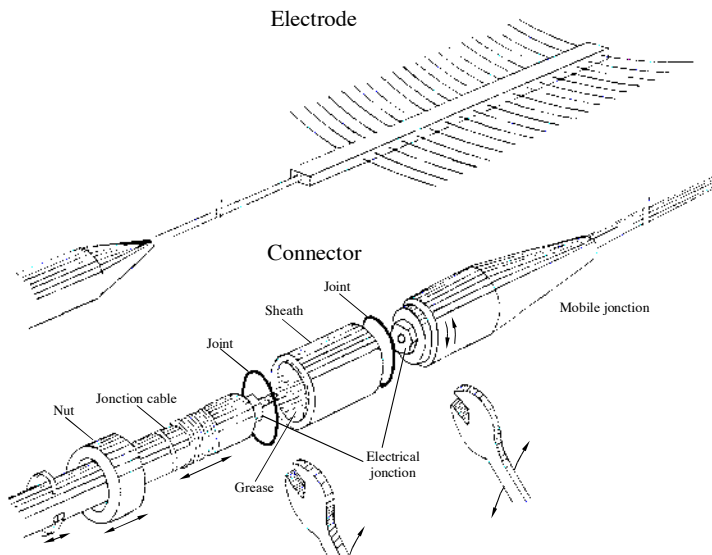


Figure 7 : Schéma de montage de l'électrode et photo d'un peigne 200 brins.

La taille de l'électrode doit être adaptée aux niveaux d'énergies de la source. On considère qu'il ne faut pas dépasser la valeur de 10 Joules par brins, ainsi la puissance pour un peigne de 50 brins sera limitée 500 Joules. Les brins de l'électrode se « consomment » au cours de tirs successifs. Il est donc indispensable de vérifier l'état des brins avant chaque mise à l'eau et de les araser si nécessaire pour garantir une bonne qualité du signal émis. Cette opération est réalisée toutes les quatre à six heures en fonction du nombre de brins et de la puissance utilisée (**Figure 8**). Ceci explique certains arrêts de l'acquisition.



Figure 8 : Principe de la coupe de brins du peigne.

Lors de la campagne, seulement un type de peignes a été utilisé :

-200 brins : grands profils principalement profonds ($50 < z < 400$ m) multitrace , $E \geq 1000$ J.

MULTITRACE

La flute multitrace utilisée lors de la campagne est composée de (**Figure 9**) :

- Un contrôleur d'immersion pour connaître la profondeur de la flûte (modèle DANFOSS 0 – 4 bars)
- Un préamplificateur pour rétablir l'impédance
- Une section active formée de 6 traces de 8 m avec 8 hydrophones par traces
- Un bote de queue qui limite l'oscillation de la flute lors de la traction (15 m)

La flute est un modèle : SIG.16. a x b. L = SIG.16. 6 x 8. 8 soit **SIG.16.48.8** avec a = nombre de voies, b = nombre d'hydrophones par trace, L = longueur de la section active.

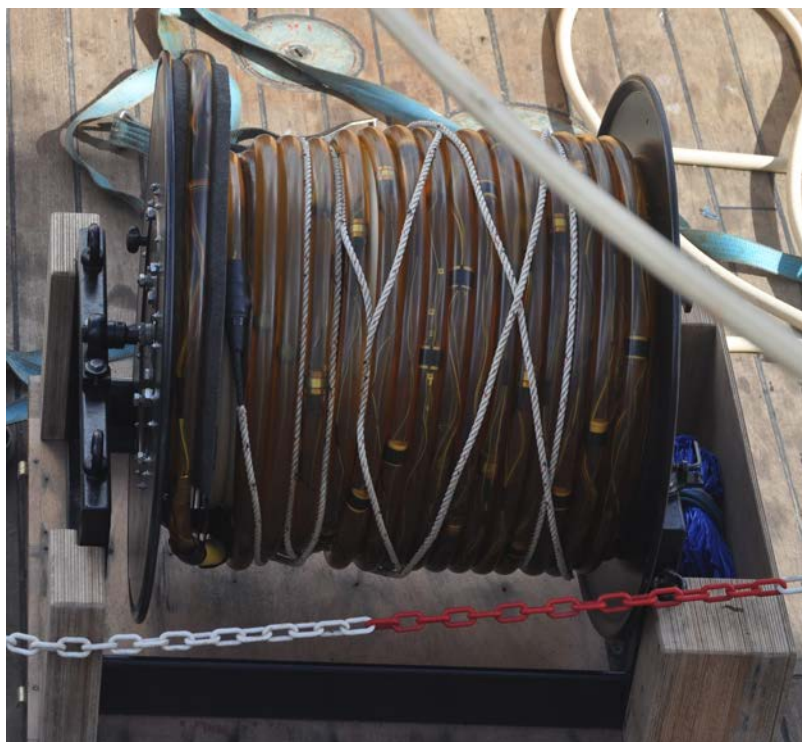
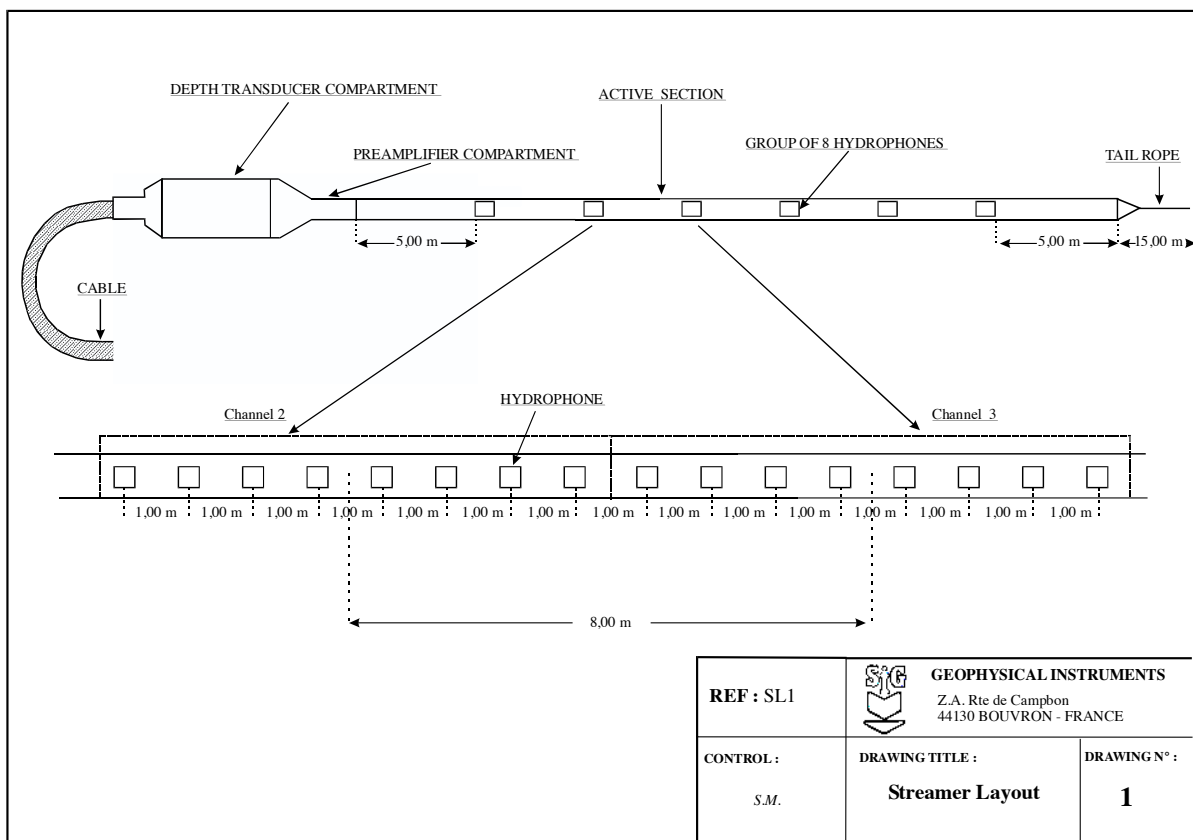


Figure 9 : Schéma de la flûte multitrace et photo de la flûte enroulée sur son touret

La flûte est alimentée en électricité par une alimentation de 12 V qui permet aussi la connexion des 6 voies avec le système d'acquisition par des fiches et câbles BNC (**Figure 10**).



Figure 10 : Alimentation de la flûte 6 traces.

Spécifications techniques

Hydrophones

- sensibilité : -90 dB, re 1V/ μ bar, +/- 1 dB
- réponse en fréquence : plate +/- 1 dB sur la gamme 10 à 1000 Hz
- capacitance : 20 +/- 1.0 nFd

Section active

- longueur : 50 m (48 +2)
- diamètre : 31 mm
- densité = 1,12
- tube : polyuréthane remplie d'une huile 880
- nombre de voies : 6
- capacitance : voie 1 = 160.0 nFd, voie 2 = 159.0 nFd, voie 3 = 159.0 nFd, voie 4 = 160.0 nFd, voie 5 = 159.0 nFd, voie 6 = 160.0 nFd

MONOTRACE

La flute monotrace utilisée lors de la campagne est composée de (**Figure 11**):

- Un préamplificateur pour rétablir l'impédance
- Une section active formée d'une trace de 5 m de 8 hydrophones (un tous les 50 cm)
- Un bote de queue (2 m) qui limite l'oscillation de la flute lors de la traction

La flute est un modèle : SIG.16. a x b. L = SIG.16. 1 x 8. 8 soit **SIG.16.8.5** avec a = nombre de voies, b = nombre d'hydrophones par trace, L = longueur de la section active.

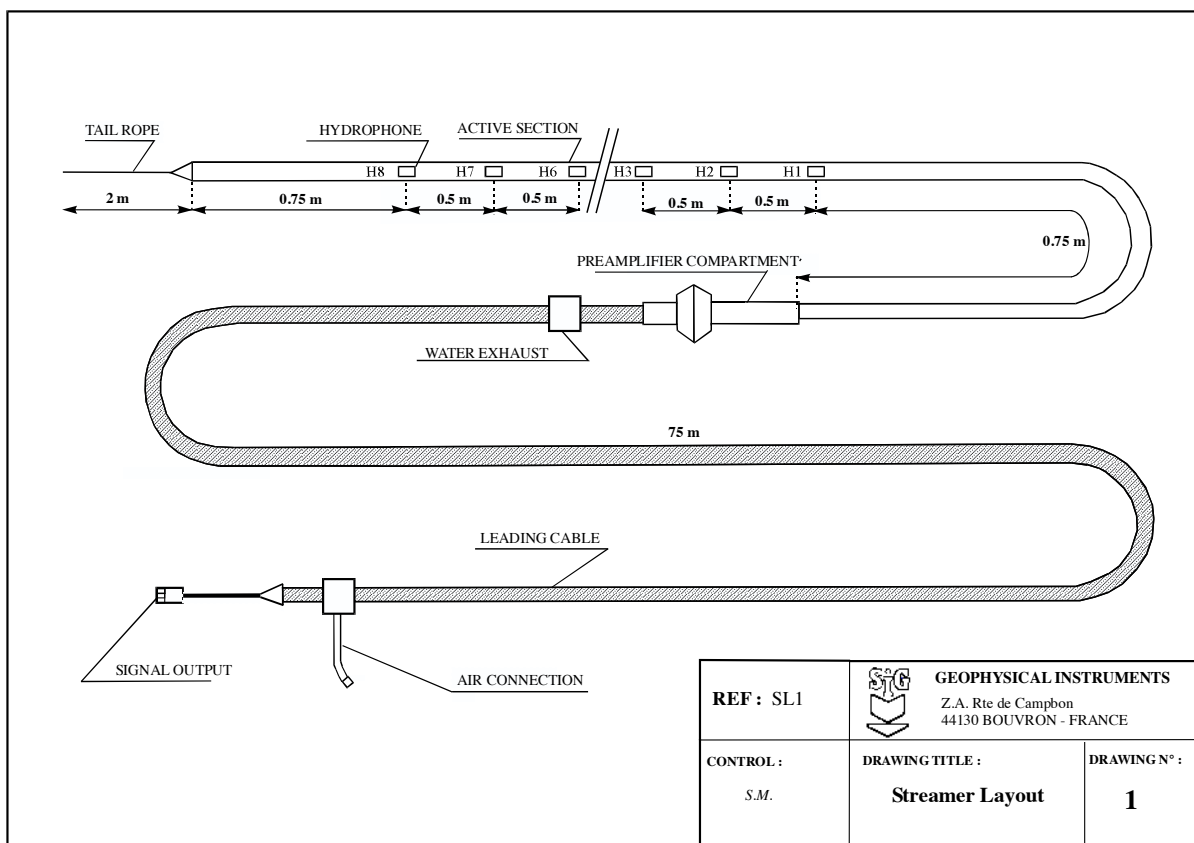


Figure 11 : Schéma de la flûte monotrace et photo de la flûte enroulée

La flûte est alimentée en électricité par une alimentation de 12 V qui permet aussi la connexion de 2 voies (1 pour GEOTREF) avec le système d'acquisition par des fiches et câbles BNC (**Figure 12**).



Figure 12 : Alimentation de la flûte 1 trace.

Spécifications techniques (**Tableau 5**)

Hydrophones	SIG 16
Sensitivity :	- 183 db, re 1V/ μ Pa, +- 1 db
Frequency response :	flat +- 1 db over the frequency range 10 to 1000 hz
maxi operating depth :	80 m
Capacitance :	18.0 \pm 1,0 nFd @ 20 °C and 1 kHz
Weight :	20 g
Dimensions :	Length 4.56 cm Diameter 1.32 cm
Preamplifier	1-channel
Gain :	32 db
Maximum output	12 V p-p
Consumption :	< 2 mA
Dimensions :	Length : 86 mm Diameter : 20 mm
Active section	SIG 16.8.5
Length :	5 m
Diameter :	25 mm in x 30.5 mm ex
Density :	1.04
Tube :	Polyurethane 1185A
Oil :	900
Number of channels :	1
Number of hydrophones per channel :	8
Capacitance of channel 1 :	145 nF @ 1 kHz 148 nF @ 120 Hz
Power supply box	2-channel
Dimensions :	18 x 16 x 9 cm
Weight :	1 Kg
Number of channels :	2
Preamplifier power supply :	Battery 12 V 600 mA
Power supply :	230 VAC
Output :	12 V.p.p.
Consumption :	2.5 VA
Cable	75 m
Number of conductors :	5 x 0.5 mm ² shielded PUR
Jacket :	PVC
External diameter :	23 mm
Breaking strength :	500 Kg

Tableau 5 : Spécifications techniques de la flûte monotrace.

- L'unité de contrôle et d'acquisition

L'ensemble des éléments formant le système *SPARKER* sont reliés à l'unité de contrôle de d'acquisition (**Figure 3**) :

- l'unité de puissance par le trigger (contrôle des tirs)
- le streamer par l'alimentation *via* les ports et câbles BNC
- le GPS par une prise USB2.0 au PC

L'unité de contrôle et d'acquisition se décompose en deux éléments (**Figure 13**) :

- le système d'acquisition DELPH ACQUISITION (BNC : récepteur, *Trigger* : source)

- un ordinateur portable avec le logiciel DELPH ACQUISITION

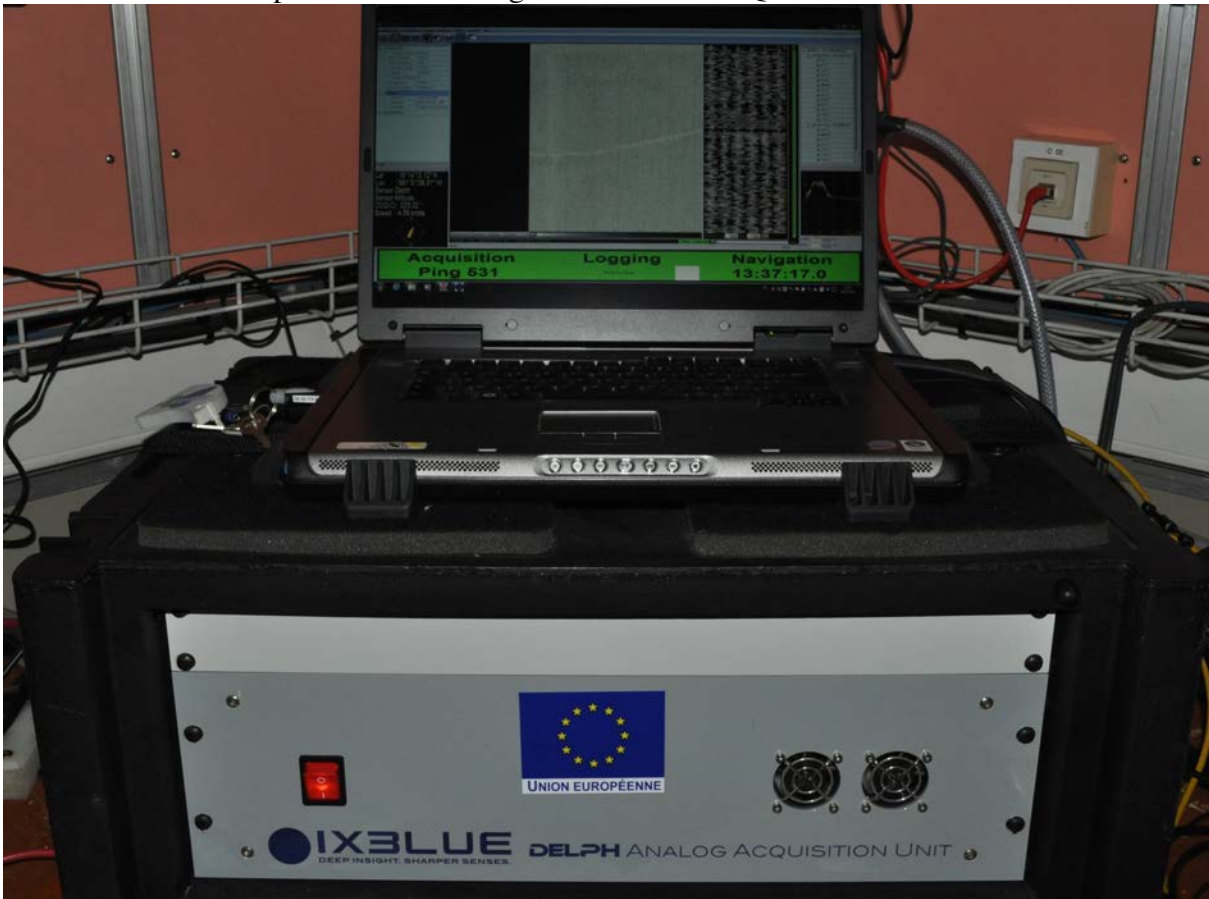


Figure 13 : Système DELPH ACQUISITION (IXBLUE ©) et PC portable.

Le système permet de mettre en route et stopper l'acquisition, de visualiser et de faire les contrôle qualité des données en cours d'acquisition à l'écran, d'enregistrer les données brutes des sismiques monotrace (1 voie) et multitrace (6 voies).

3) Traitement des données monotrace et multitrace

- La géométrie

La géométrie est définie par rapport au point de référence du navire (**Figure 14**). L'antenne GPS installée est positionnée par rapport à ce point. Les points de traction de la flûte et de la source sont positionnés par rapport à ce point de référence. La position GPS est ainsi corrigée en deux temps : 1) par rapport à l'antenne GPS, 2) par rapport au point de référence en tenant compte des longueurs filées pour la source et le récepteur à compter du point de traction. Le point de traction est ramené en $x = 0$ car la flûte et la source sont symétriquement déployées par rapport l'axe x du bateau, ramenant les points images dans l'axe du navire.

La correction est effectuée dans DELPH INTERPRETATION, les fichiers de navigation sont directement générés par ce biais pour la monotrace. Pour la multitrace, un décalage de 5 points est pris en compte pour passer des *shots points* aux *CMP* grâce à une routine SU et en partant du fichier navigation traité sous DELPH INTERPRETATION.

Paramètres (Figure 14) :

Position de l'antenne GPS par rapport au point de référence du navire :

$$x = 0,5 \text{ m}$$

$$y = -7,5 \text{ m}$$

$$z = -13,5 \text{ m}$$

Position du point de traction flûte et source par rapport au point de référence du navire (ramené à $x = 0$)

$x = 0 \text{ m}$
 $y = 17,5 \text{ m}$
 $z = -4 \text{ m}$

Longueurs filées source : 50 m des profils 002 à 135 et 45 m à partir du profil 136

Longueur filée récepteur : 50 m.

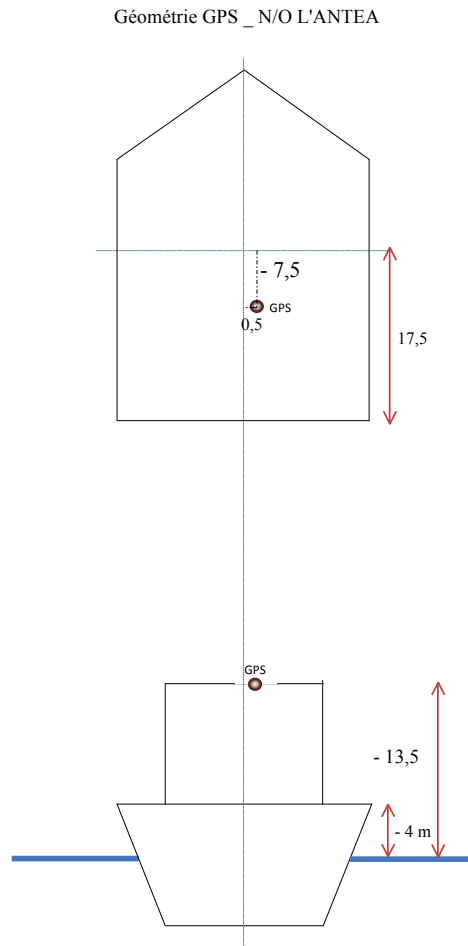


Figure 14 : Schéma de la géométrie de l'acquisition.

- Traitement de la monotrace

Le traitement des données monotrace se décompose en plusieurs étapes

- Récupération des données brutes DELPH ACQUISITION
- Intégration des données brutes dans DELPH INTERPRETATION (**Figure 15**)
- Filtrage en fréquence
- Compensation des pertes d'énergie du signal : gain et divergence sphérique
- Correction de la navigation
- Génération d'un fichier SEG Y

Le fichier SEG Y est ensuite récupéré sous SU ou il subit une migration en temps à la vitesse de l'eau.

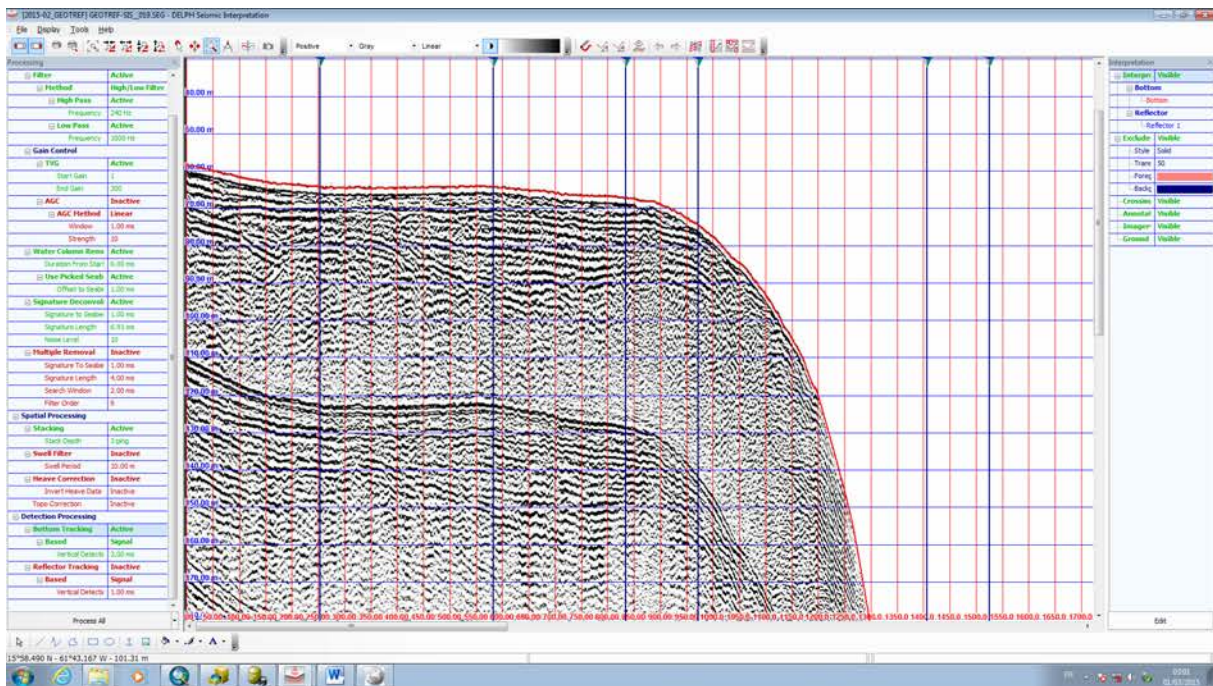


Figure 15 : écran de traitement des données monotrace sous DELPH INTERPRETATION.

Le traitement conduit à deux fichiers : .segv et .nav

4) Bilan de l'acquisition des données sismiques (tableau 6)

Le tableau suivant présente l'ensemble des données acquises lors de la campagne CRACK. Les paramètres sont précisés dans le tableau sur les deux pages ci-dessous :

Bathymetric mapping (in French)

Cartographie Bathymétrique

Equipement

Système	Marque
Sondeur multifaisceaux	KONGSBERG EM3002
Centrale d'attitude	iXSea OCTANS III Subsea 200 m
Récepteurs et antennes GPS	Ashtech ProFlex 500
Sonde de célérité	RESON SVP 10/15
Célérimètre de coque	Valeport miniSVS
Logiciel d'acquisition	Qinsy V8 QPS

Sondeur multifaisceaux

Les mesures bathymétriques ont été acquises par le sondeur multifaisceaux (SMF) petits fonds haute résolution EM3002 du fabricant KONGSBERG. Ce système opère à la fréquence de 300 kHz ce qui permet de mesurer des profondeurs allant de 1 à un peu plus de 150m.

Le SMF était configuré en mode « high Density » c'est-à-dire en mode équidistant avec 254 faisceaux, la fauchée standard était de 130°. Une configuration en mode équidistant normal ou équiangulaire est également possible. Le SMF était compensé en roulis et en tangage grâce aux données de l'OCTANS, ce qui permet d'obtenir une fauchée relativement stable.

La détection de fond était faite en combinant les modes détection par phase et par amplitude. La longueur de pulse était configuré à 150 μ s. La cadence d'échantillonnage variait typiquement entre 3 Hz (100-150m de fond) à 20 Hz (20m de fond). La profondeur maximale de mesure théorique du sondeur est de 200 m. L'intervalle de temps entre deux pings successifs dépend de la portée sélectionnée.

Principe des faisceaux croisés (Fig. 16):

- Emission d'une impulsion sonore au travers d'un faisceau d'émission (fin longitudinalement – large transversalement)
- réception du signal par le fond selon N faisceaux de réception (fin transversalement)

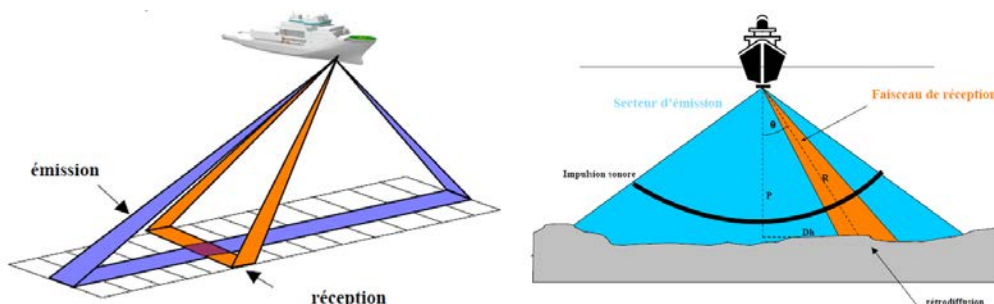


Fig. 16 : fonctionnement d'un sondeur multi-faisceau

- Pour chaque faisceau de réception, la zone du fond explorée est l'intersection entre les faisceaux d'émission et de réception.

Centrale d'attitude

Une centrale d'attitude OCTANS Subsea fabriquée par iXSea est utilisée pour compenser les mouvements et fournir le cap du navire (Fig. 17). Les données de roulis et tangage sont fournies

avec une résolution et une précision de respectivement 0.001° et 0.01° et la valeur du pignonement est donnée avec une précision de 5 cm ou 5 %, celle qui est la plus importante. Les gyrocompas établissent le cap vrai avec une résolution de 0.01° et une précision de $0.1/\cos(\text{latitude})^\circ$. Le temps nécessaire pour atteindre la précision maximale en conditions dynamiques est de 5 min.

Récepteurs GPS

Le système de positionnement est constitué d'un récepteur GPS (Global Positioning System) bi-fréquences (L1/L2) ProFlex 500 fabriqué par Ashtech. Les positions du navire sont établies dans le système de géodésie mondial WGS84 puis transformées en coordonnées planes par le logiciel d'acquisition.

Célérité

Afin de mesurer la vitesse de propagation du son dans l'eau sur un profil complet on utilise la sonde de célérité SVP 15 fabriquée par RESON (Fig. 17). La précision théorique de mesure de la profondeur est de $0.10 \text{ m} + 0.2\%$ de la profondeur nominale et on effectue une mesure tous les 50 cm. La célérité est déterminée avec une précision de 0.25 m/s et une résolution de 0.1 m/s sur l'intervalle 1350-1600 m/s. Plusieurs profils verticaux ont été effectués. En complément la célérité de surface était mesurée toutes les secondes via le capteur miniSVS

Acquisition et traitement

Le logiciel d'acquisition QINSy (Quality Integrated Navigation System) développé par QPS permet d'intégrer et de synchroniser les données du sondeur et des capteurs annexes en temps réel au cours du levé. Un processeur EM3002 est connecté aux différents éléments du système ainsi qu'à l'ordinateur sur lequel est installé le logiciel d'acquisition Qinsy. L'ensemble est branché sur un onduleur (Fig. 18).

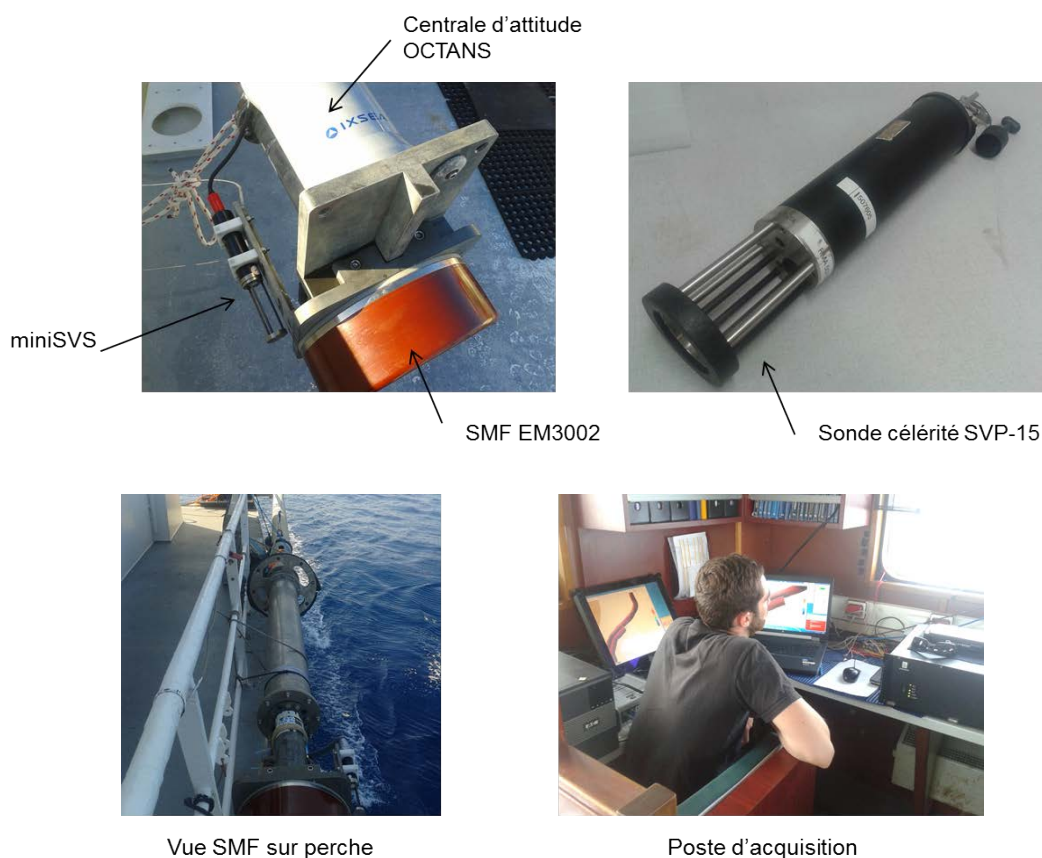


Fig. 17 : Vue des instruments

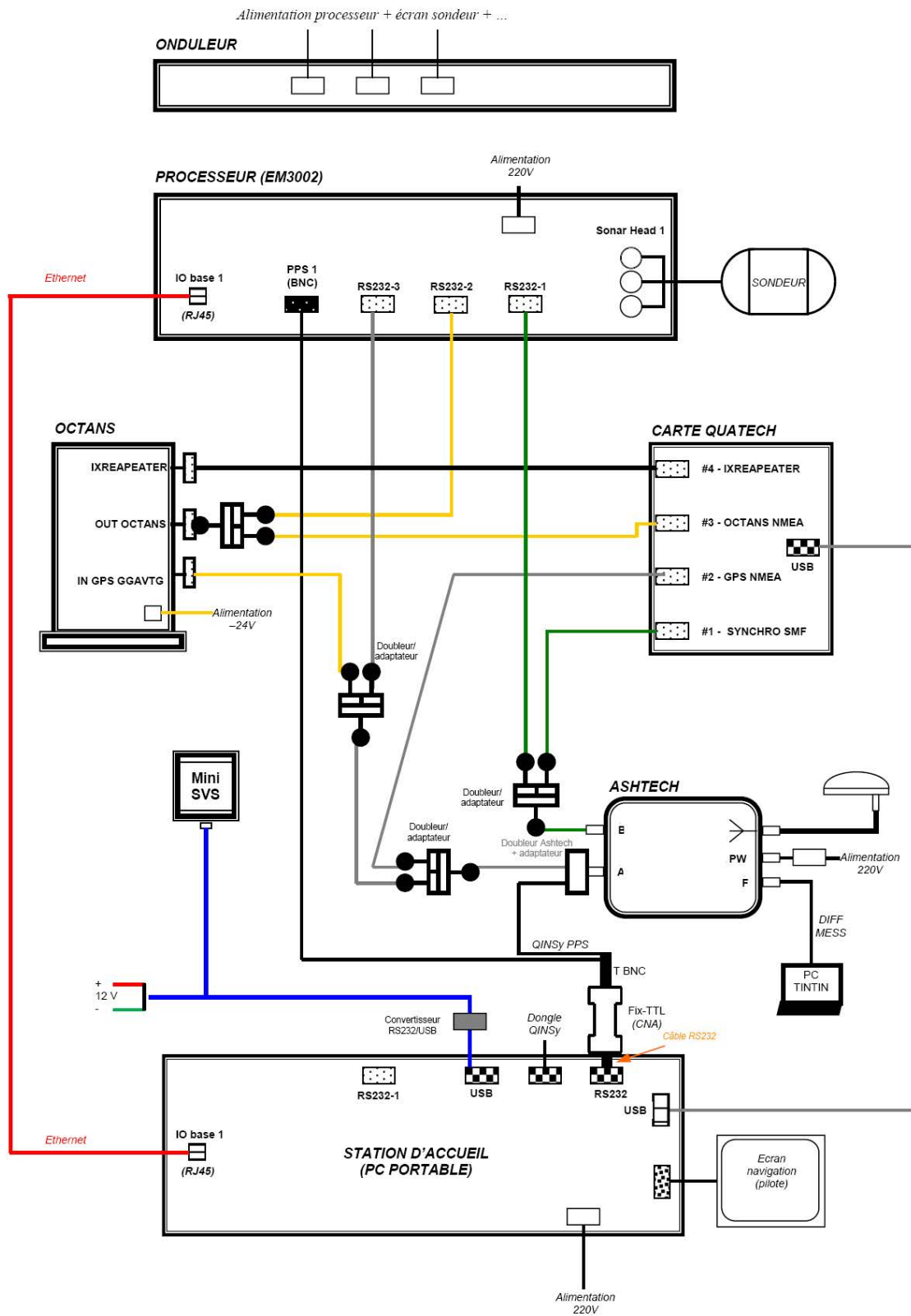


Fig. 18 : Câblage

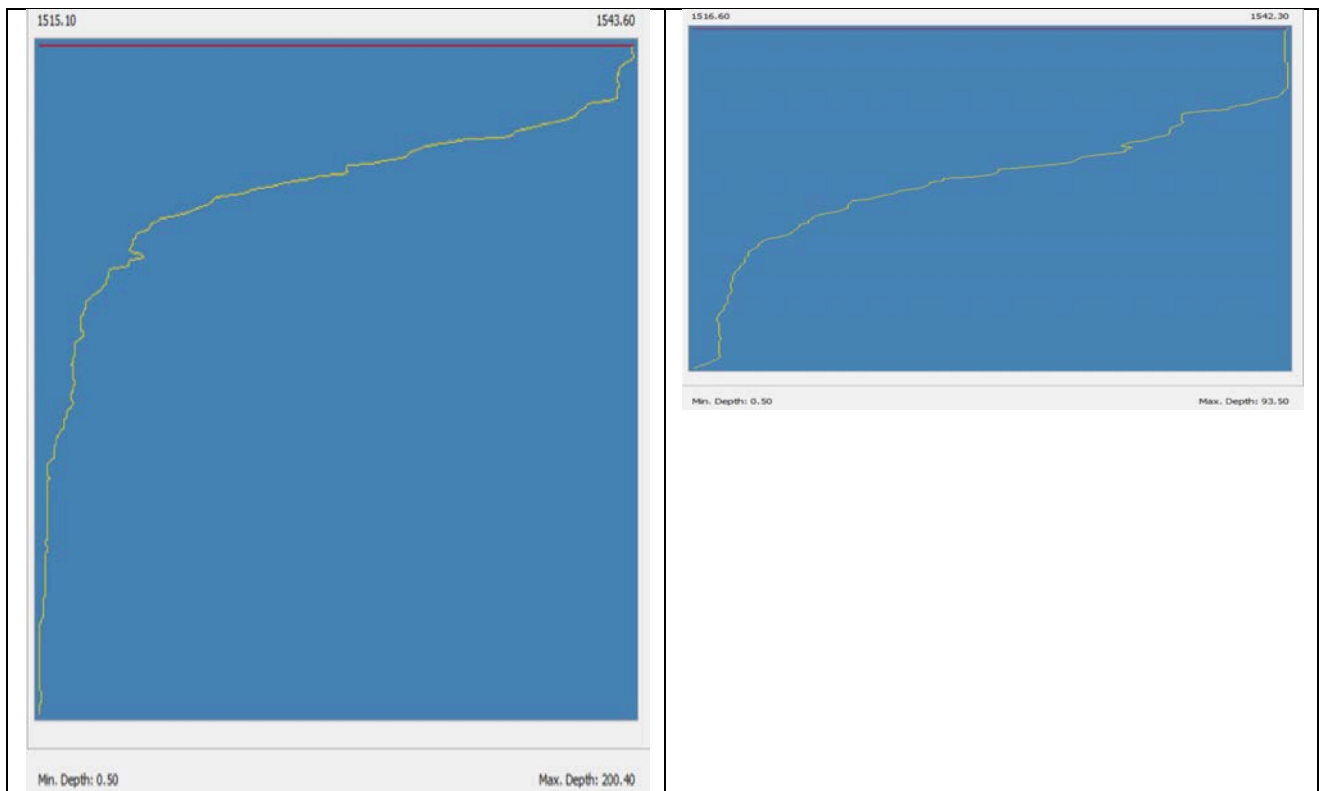


Fig. 19 : Exemples de courbes de célérité acquises pendant la mission CRACK. La vitesse en surface est de l'ordre de 1540 m/s.

Data acquired:

Seismic reflection data

The figures below (Fig. 20) shows all sparker seismic lines acquired during the CRACK survey.

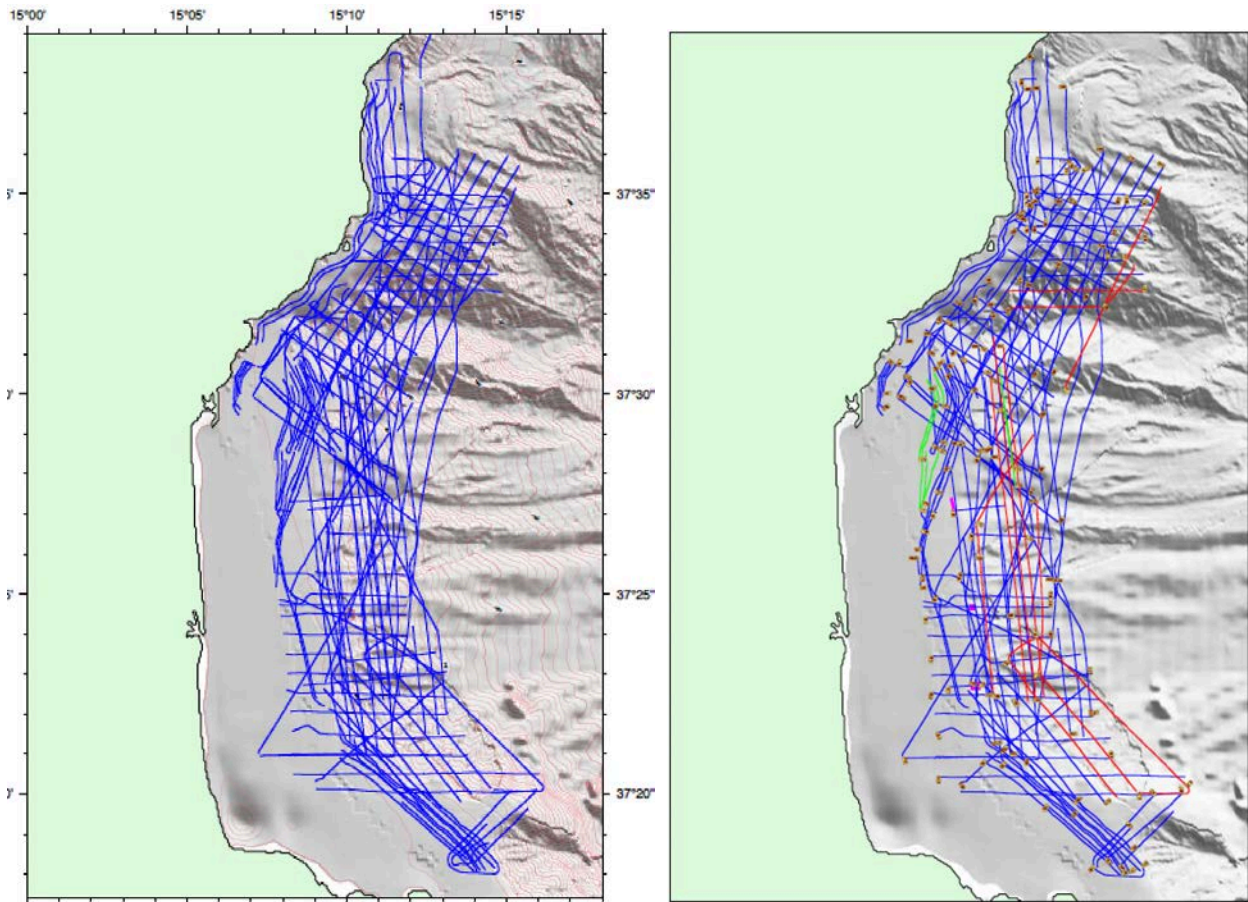


Fig. 20 A: (left) all seismic sparker lines acquired during the CRACK survey.

Figure 20B: (right) Map showing the handful of single-channel seismic lines (green lines) that were acquired in addition to the six-channel seismic lines (in blue). Lines shown in red were of poor quality due to large water depth (>400 m).

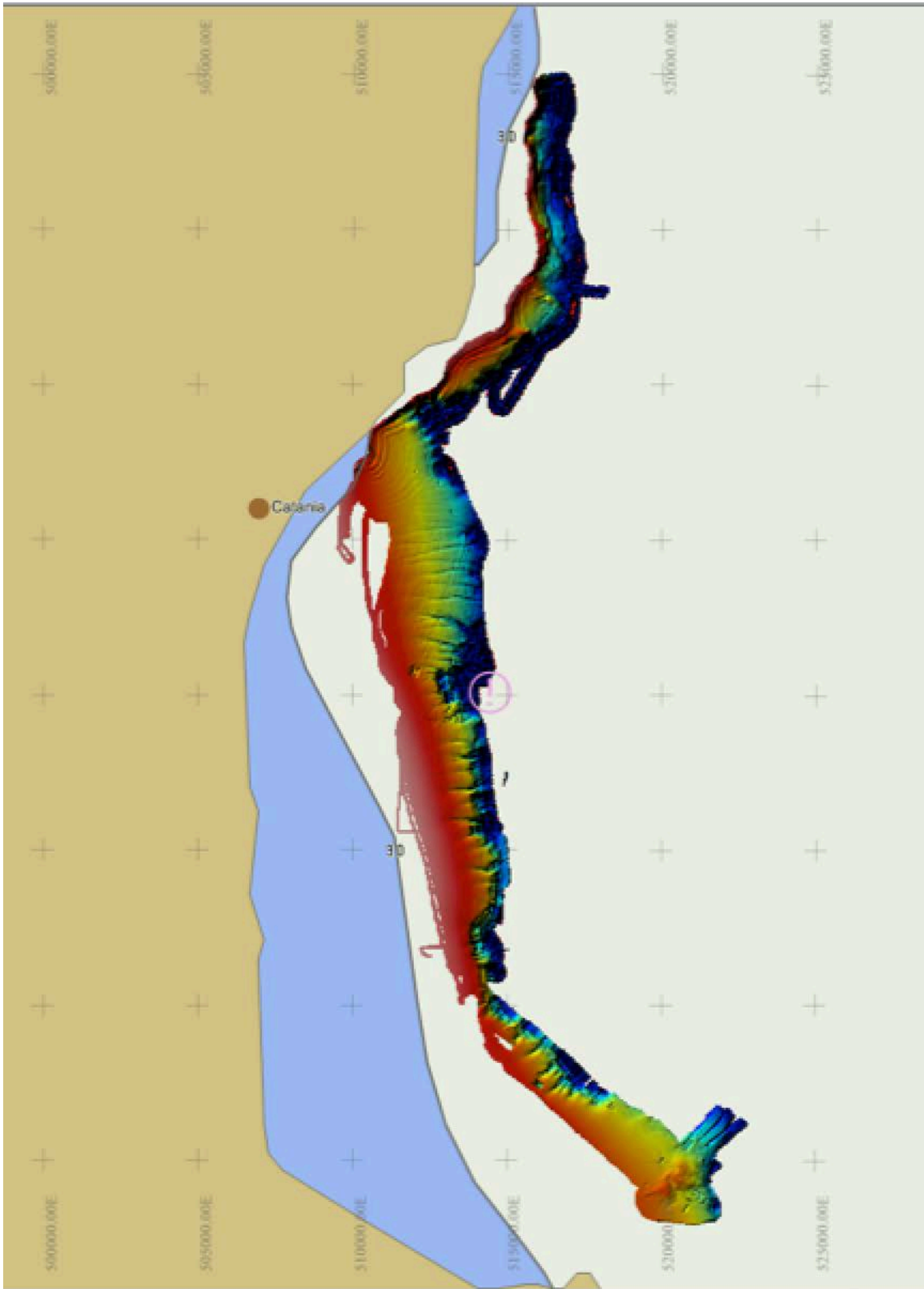


Fig. 21: Map showing all multibeam bathymetric data acquired during the CRACK survey.

Figure 21 shows the coverage of the multibeam data acquired during legs 2 and 3 of the CRACK survey.

Seafloor geodetic stations (Geomar, Univ. Kiel)

On 18 August the vessel Tethys-II spent about 6 hrs communicating with 5 seafloor geodetic stations using an acoustic transmitter/receiver Sonardyne DUNKER (Fig. 22). The vessel shut off all other acoustic devices (hull mounted echo-sounder) and its engines and drifted slowly (about 2 knots) southwards through the network of 5 stations.

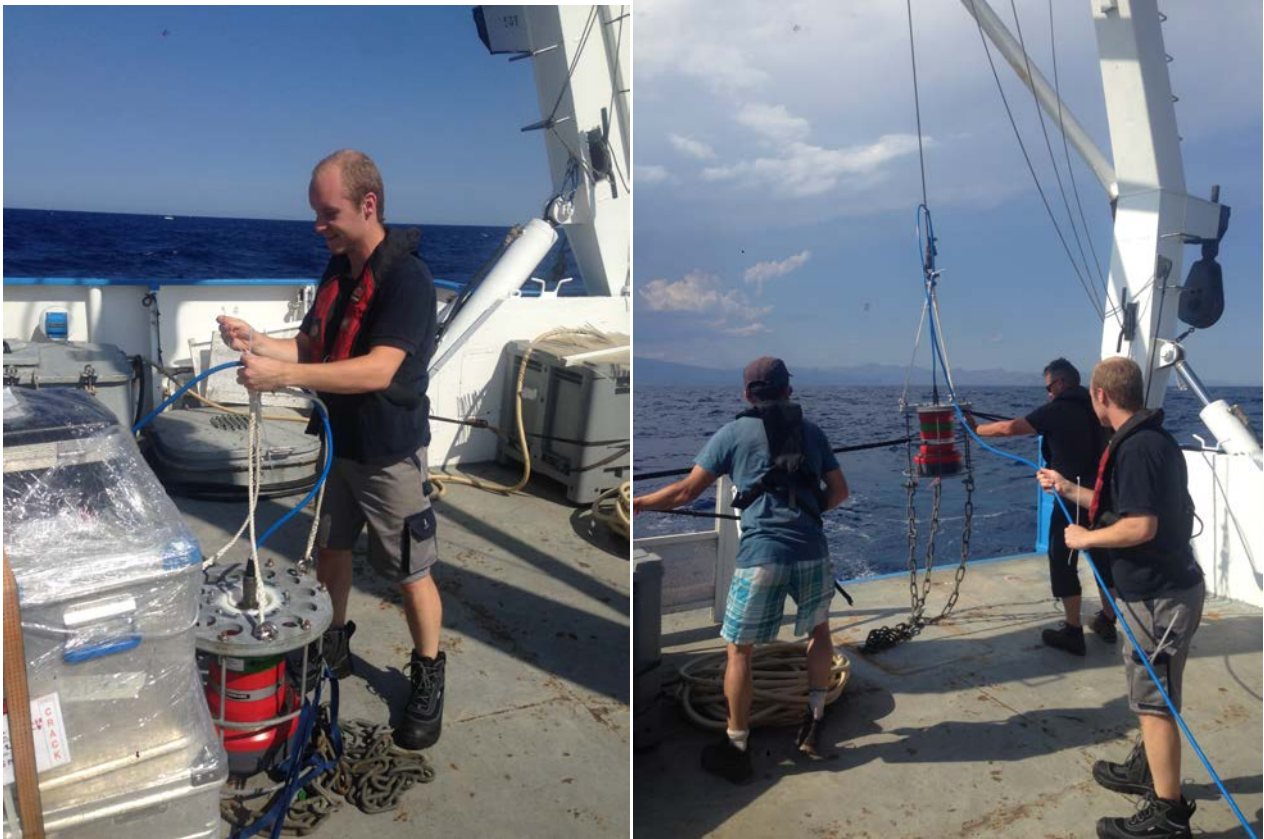


Fig. 22 : Acoustic transmitter and receiver Sonardyne DUNKER, left: on deck, right: during deployment

The positioning data from the first 5 months of acquisition by the network were partially downloaded. The vessel returned to the network the following day (19 August) to complete the data download and to reprogram one of the stations, which had been operating partially, but not entirely as anticipated. The reprogramming was successful and the 5th station resumed normal acquisition.