

Participants :

- A l'IPGP :** Guilhem Barruol, Pascal Bernard, Olivier Charade, Wayne Crawford, Elia D'Acremont, Christine Deplus, Cécile Doubre, Louis Geli, Hitoshi Kawakatsu, Helene Lyon-Caen, Alessia Maggi, Alessandro Mazzullo, Alexandre Necessian, Jean-Paul Montagner, Geneviève Roul, Eléonore Stutzmann, Clement Vitard, Louise Watremez,
- A GeoAzur :** Jean-Xavier Dessa, Guust Nolet, Anthony Ogé, Michel Operkat, Michel Paulatto, Ben Yates
- A l'UBO :** Marc-André Gutscher , Julie Perrot,
- A l'ISTerre :** Anne Paul, Catherine Pecquegnat,

Introduction

Pour les demandes d'utilisations des OBS (INSU) :

- Faire demande de campagne
- Faire demande d'utilisation OBS
- Jusque-là, l'attribution des OBS était décidée en fonction de la décision de la commission flotte (mérite scientifique). Mais maintenant financements (ANR en particulier) font que les demandes proviennent de plusieurs endroits. Donc en train de développer comité de suivi pour décisions.
- Faire demande de financement de l'expérience (ANR). Demandes INSU possibles pour la mission et le traitement des données.

Stockage des données :

- Historiquement : dans chaque parc/projet
- Maintenant : possible avec RESIF
- En cours : développement d'un noeud A "données marines"

Parcs OBS français

Tous les instruments ont 4 composants (1 capteur de pression + 3 composants vitesse)
Capteurs courtes périodes utilisent géophone 4,5 Hz (Sercel L-28 ou Oyo XXX) et hydrophones
Capteurs élargies utilisent sismomètres Guralp CMG-40T et hydrophones
Capteurs large-bandes utilisent Trillium 240T et jauges de pression différentielles

Parc Geoazur (B Yates)

9 OBS LadyBug + 10 en cours de finalisation

- courtes-périodes,
- faible encombrement,
- jusqu'à 4 mois d'enregistrement continue
- 24 OBS Hippocampes et UTIG
- courtes périodes ou élargies
- jusqu'à 6 mois de déploiement, prévu d'aller jusqu'à un an.

Formulaire de réservation sur le web et email de contact des responsables:

www.geoazur.net/ParcOBS

obs@geoazur.unice.fr

Ticket modérateur prévu mais pas encore en place. Au minimum pour le financement des consommables ... mais ce serait mieux pour financer également les réparations et la maintenance.

Site web: <https://www.geoazur.net/ParcOBS>

Parc INSU (W Crawford)

17 OBS courtes périodes

- 3C géophone + HiTech (1Hz+) hydrophone
- jusqu'à 14 mois déploiement

9 OBS larges bandes

- Sismomètre Trillium 240T + Jauge de Pression Différentielle
- Jusqu'à 12 mois de déploiement
- Seules vrais larges bandes en Europe : futur parc Danois pourrait en avoir aussi.

Design = Scripps Institution of Oceanography (SIO).

Projets techniques pour améliorer les OBS :

- Travailler sur l'autonomie
- Mise à jour de l'électronique
- Jauges de pression absolue avec nano-résolution

Données et métadonnées transmises au noeud B RESIF, avec période d'embargo (3-4 ans à la base) pour chef de projet et collaborateurs.

Site web: <http://parc-obs.insu.cnrs.fr>

Parc Breton (L Geli)

Parc centré sur la sismique réfraction (donc pas de larges-bandes, les instruments sont tous à 4,5 Hz).

- Plus de 80 OBS avec une autonomie d'environ 3 semaines (65 Ifremer + une quinzaine UBO)
- Instruments très utilisés pour des collaborations avec l'industrie
- Mais responsables souhaitent développer des partenariats académiques (quand les instruments ne sont pas utilisés pour des collaborations avec l'industrie)
- 15 OBS 4,5 Hz, 3 composantes autonomes, autonomie 3 mois
- 15 autres OBS similaires plus anciens, autonomie 4 mois

Projets :

- Sismologie haute-résolution et étude des relations entre fluides et sismicité
- 1 ou 2 BB-OBS pour affiner le signal sismologique en combinaison avec un dispositif classique.

Intérêt pour les stations "câblées"

Parcs OBS Européens

~390 OBSs en 10 parcs a travers 6 pays

10 parcs dans 6 pays avec des règles variables.

Pays	Parcs	Instruments
Allemagne	2 (DEPAS et Geomar)	160, dont ~80 élargies
France	3 (IRD, INSU et Breton)	141, dont 9 large bandes, ~10 élargies ?
Espagne	2 (CSIS et ROA)	20, dont 3 élargies
Royaume-Uni	1 (OBIC)	50, dont 20 élargies
Italie	1 (INGV)	10
Portugal	1 (IDL)	10, dont 4 élargies

Parcs à venir : parcs Danois et Polonais. Pas de structure actuellement pour construire parc Européen, parcs se concentrent sur collaboration/partage pour l'instant.

Instruments particuliers :

- 9 BB-OBS (INSU)
- 127 Wide-band
- 163 OBS avec autonomie supérieure à 1 an
- 97 BB-OBS ou wide-band avec une autonomie supérieure à 1 an

Collaborations :

- HELLENIC : 37 OBS + 30 stations à terre pour 1 an (Geomar + Geoazur + Grèce)
- NEAREST : SW Ibérie, sismologie active et passive (France + Espagne)
- RHUM-RUM : Ocean Indien, 48 wide-band (Allemagne) + 9 BB-OBS (INSU), un an de déploiement pour sismologie passive, tous les instruments ont été récupérés

Chantiers futurs :

- Alp Array
- Lithosphere Atlantique
- Zones de subduction

Problèmes observés lors de ces collaborations :

- Organisation (instruments et temps bateau, stockage des données ...)
- Techniques : dérive d'horloge supposée linéaire, bruits sur instruments lié aux courants, vagues, infragravity waves, microsismicité (peut cependant être utilisée pour de la tomographie de bruit de fond sismique).

But : faire en sorte que les instruments des différents parcs européens soient plus compatibles les uns avec les autres.

Bonnes habitudes :

- Archivage des données (format de données standard, disponibilité sur Internet)
- Pré-traitement des données
- Encourager un accès plus libre aux données
- Un seul processus pour demander les financements et temps bateau
- Réponse plus rapide lorsque les données sont demandées
- CHEOPS (commission d'harmonisation des parcs OBS européens)

En projet :

- Demande EU COST pour coordination (réunions techniques, formation d'étudiants, échanges de techniciens et ingénieurs, workshops ...)
- Traitement et stockage des données (besoin de 2 ingénieurs et administrateurs pour 3 ans)
- Instrumentation (wide-band et BB-OBS - définir les besoins pour acquisition de données)
- Innovations techniques (réduction du bruit sur le fond marin, orientation des composantes, transfert des données en direct ...)

The Normal Mantle Project and new Japanese BBOBS-NX (H Kawakatsu)

The Normal Mantle Project

Etude de Lithosphere-Aesthonosphere Boundary (LAB) et anisotropie mantellique dans l'océan Pacifique Nord-Ouest, utilisant OBS large-bands (BBOBS). Méthode de traitement des données : Takeo et al., 2013 (JGR) – mesures multi-bandes de dispersion. Déploiement toujours en cours (2 ans). Leur étude pilote, ainsi que mesures à Lau (Forsyth) et Polynésie Française (qui?) ont montré que l'anisotropie n'était pas toujours perpendiculaire aux alignements magnétiques.

Propose effort multinationale et multi-année d'échantillonner l'anisotropie mantellique à travers l'océan Pacifique. "Antenne" adapté: 7 OBS en hexagone avec 50 km d'espacement, entouré d'une hexagone avec 200 km d'espacement. Considère que 2 ans donneraient des valeurs significativement mieux contraintes qu'un an.

Japan's Earthquake Research Institute (ERI) BBOBSs

ERI a environ 50 OBS larges bandes, et vient de développer des « BBOBS-NX », qui séparent le sismomètre large bande (Guralp CMG-3) en trois « pieds » qui sont enfoncés dans les sédiments par un ROV, pour réduire le bruit induit par les courants.

Nouveaux BB-OBS NX (3 composantes), géophones séparés du système d'acquisition (séparation avec un ROV), le ROV enfonce ensuite les capteurs en "s'appuyant" dessus.

Expériences Planifiées

Trans-Atlantic iLab (S Singh)

Définitions de la LAB différente selon la caractéristique physique utilisée (taux de déformation, température, Vs, anisotropie, résistivité).

Profondeur de la LAB constante (70 km) selon Karato 2012, ou varie avec l'âge de la lithosphère (0-100 km) selon (??? REF)

Problématique des flûtes sismiques de l'académie trop courtes pour imager correctement les zones de rupture (problèmes pour nettoyer le multiple, problèmes avec les pentes, faible énergie de pénétration ...).

iLAB : données en collaboration avec l'industrie (flûte de 12 km chez Schlumberger et de 15 km chez CGG)

Etude l'évolution de Lithosphere-Aesthenosphre Boundary en fonction de l'âge.

Deux études principales:

1. Etude pilote: A travers la dorsale médio-atlantique, puis perpendiculaire a travers plusieurs zones de fractures, afin de déterminer sensibilité des mesures dans cas avec plusieurs sauts d'âge
2. A travers l'océan Atlantique Sud.

Basé de l'étude sera la sismique réflexion, utilisant une flute industrielle d'environ 12 km de longue, avec hydrophones et géophones afin de réduire les "fantômes" et de pouvoir pénétrer jusqu'au moins 30-40 km de profondeur (déjà réussi en Sumatra) et peut-être beaucoup plus profonde (120 km?)

Financement par ERC et par compagnie pétrolière, qui fournira le bateau et la flute.

Cinq expéditions sont prévues:

1. Etude pilote: 500 km de sismique réflexion
2. 2200 km de sismique réflexion, couvrant 0-100 Ma
3. Profile de réfraction sur cette même ligne (60=70 OBSs)
4. Déploiement des capteurs MT et OBSs large bandes pour étude passive
5. Récupération des capteurs large bandes

Actuellement en négociations ERC pour planning/financement de champagne avec bateau industriel.

Dionysus (M-A Gutscher)

Etude de la marge Est Sicile/Calabre, un des bassins les plus profondes en Méditerranée, avec des séismes historiques dévastateurs.

Expérience de sismique réfraction profonde, initialement rejeté en France, ensuite financé par l'Allemagne.

Question : Est-ce que la subduction est toujours active ? (Peut-elle générer des séismes de magnitude 7 ou 8 ?)

Projet Circee (octobre 2013) : volet superficiel (bathymétrie, MCS 72 traces)

Dionysus : volet profond, suite de Circee, localisation de la transition océan-continent (TOC)

Travail sur le prisme calabrais, interprétation par rapport au slab retreat.

La STEP fault (Subduction Tear Edge Propagator) suivrait la TOC qui est approximativement parallèle à l'escarpement de Malte.

Données / travaux de grand-angle disponibles dans la zone : 5 ESP (ENS, Le Pichon) et 2 profils OBS (Makris et Avedik)

Trois hypothèses à tester :

- Pas de croûte océanique dans la mer Ionienne (e.g. Roure)
- TOC au pied de l'escarpement de Malte

- Hypothèse préférée : failles crustales qui ne sont pas nécessairement au pied de l'escarpement de Malte (cf. profil ION-1 publié en 2000)

A bord bateau allemand Meteor en Oct 2014, avec 30 OBS GEOMAR et 30 OBS Bretons.
Déploiement de 3 semaines.

Prévoit déterminer vitesses sismique jusqu'à 30-40 km de profondeur, confronter théories pour la création de la marge (faille STEP, interface continent-océane a Malte, purement continentale...)

AlpArray

Besoin d'imager une éventuelle déchirure de slab / flux mantellique

Intérêt pour définir l'aléa sismique

Alpes : soulèvement très rapide (plus de 2 mm/an) mais pas de déplacements horizontaux. Quels mécanismes ? Rebond postglaciaire ? Misfit avec l'érosion : pourquoi ? Contribution des processus profonds (ex Slab Tear) ? Déformation crustale ? Moteur de la sismicité ?

Projet : 350 stations à terre + 30-40 OBS aussi large-bande que possible pour faire un maillage d'environ 40 km pour définir les structures de la croûte et du manteau supérieur dans tout l'arc alpin.

Réseau ajouté aux réseaux préexistants (RESIF) et autres réseaux. Réseau plus dense dans certaines zones d'intérêt.

- 16 (15?) pays concernés : pays alpins + Grande-Bretagne...
- Pas de financement européen car il n'existe pas d'appel d'offre pour un projet de ce type.
- Donc projet basé sur des financements nationaux

Exemples d'expériences complémentaires sur différentes régions et profils :

Graben du Rhin supérieur : objectifs crustaux et meilleure compréhension de l'aléa sismique

Imagerie active - Alpes Apennins/Ligure : géométrie du Moho, domaines crustaux, accommodation de l'inversion de la marge, aléa sismique

Etat des lieux :

- Demandes financées en Autriche, République Tchèque ...
- Demandes rejetées en France et en Allemagne
- Partie OBS acceptée en France (priorité Ifremer 1A) et en Allemagne
- Suisse, Grande-Bretagne : en attente ...
- France : quelques autres financements et aides (RESIF et Grenoble)
- A suivre ...

Il n'y a pas d'appel d'offre Européen, donc le projet fédère projets nationaux, financements nationaux et instruments nationaux.

Etat de financement en mai 2014 :

- Financés : Autriche, République Czech
- Rejetés : France, Allemagne (mais demandes bateaux acceptés)
- En attente : Suisse, Royaume Uni

Autres instruments Marines

MERMAIDS (G Nolet)

Instruments qui flottent passivement (suivent les courants) à 1000-2000 m de profondeur jusqu'à la détection d'une onde P (séisme). puis remonte à la surface, prend la position GPS et envoie les données du séisme par satellite.

Remonte automatiquement tous les 10 jours pour envoyer les données dans tous les cas (au cas où certains séismes n'auraient pas déclenché de remontée).

Autonomie d'environ 2 ans.

Peut être équipé de divers instruments (sismomètres, salinité, bathymétrie, sons ...)

Hydrophone : Rafos2, période maximale de 10 secondes

Utilisés pour la tomographie profonde de la terre, et comblent les lacunes du réseau global.

Appareils descendent jusqu'à une profondeur définie, restent jusqu'à ce qu'un séisme soit détecté, ou 10 jours soient passés, ils remontent alors jusqu'à la surface, prennent la position GPS, transmettent cette position ainsi que les données, et reçoivent des ordres/modifications avant de replonger et de continuer sa dérive au gré des courants marins.

Testé en Méditerranée (sensible aux séismes $M_b > 6$) et Océan Indien ($M_b > 6.5$), actuellement en test au large des îles Galapagos.

MULTI-MERMAID en développement, ajoute CTD, kHz acoustique, magnétomètre, etc.

Projet MARISCOPE: 300 MultiMermaids à travers le monde: ~18 MEuros pour 5 ans.

Hydrophones dans la colonne d'eau (Perrot)

Hydrophones autonomes dans le canal SOFAR, ancrés au fond marin, enregistrent les séismes de la croûte océanique, les iceberg cracks, la vie marine, les passages de navires ...

Enregistrement à 240 Hz, autonomie de 2 ans.

Un hydrophone coûte environ 40 k€

Un déploiement coûte environ 2500 € (auquel s'ajoute le coût pour les campagnes de déploiement et de récupération des instruments)

Utilisations :

- Contribution pour la tomographie télésismique globale
- Enregistrement haute-fréquence des sons des baleines (chaque baleine à sa signature fréquentielle)
- Séismes (plus basse fréquence, ~ 5 Hz)
- De 0 à quelques Hz : l'état de la mer
- Icequakes (= événements "cryogéniques")

Pas de transmission des données en direct, mais récupération des données lors de la récupération des instruments.

Informations sur la température du manteau Atlantique grâce à la sismicité.

Modélisation des ondes T (transmises dans le canal sofar) : détection automatique du signal, outil développé à l'UBO

Donc, ces hydrophones :

Complètent les enregistrements sismologiques à terre

Apportent des informations sur l'activité sismique, la vie marine, le climat (état de la mer, icequakes)

Besoin d'efforts pour le dépouillement des données et d'améliorer l'acquisition

Utilise la propagation d'ondes hydroacoustiques dans guide d'ondes océanique (canal SOFAR) pour détecter/localiser les sources océaniques sur une grande surface avec peu d'instruments. Sources : séismes, éruptions volcaniques, mammifères marins et signaux cryosismiques.

Instruments ancrés au fond, hydrophone dans la canal SOFAR (500 à 1500 m de profondeur, selon conditions locales)

Mise en route en 2002, actuellement 9 hydrophones dans l'océan indien depuis 2009, 5 au sud des Açores de 2002 à 2008 et depuis 2010 et 5 en atlantique central de 2013 à 2014.

Aussi sensible aux bruits des mammifères marins, état de la mer, icequakes.

Articles récents sur la conversion des ondes au fond de mer, détection automatique des évènements

Questions: beaucoup de icequakes bien au nord de l'Antarctique, et dans une zone bien délimité en longitude, pourquoi ?

Réponse : Jean-Yves Royer (actuellement en mer) est le spécialiste mais il y a vraiment hors Antarctique, qui s'agissent des icebergs.

GB informe que des icequakes dans la mer jusqu'à 500 m de profondeur sont créés par le glissement des glaciers sur fond d'eau chaude

GN demande si le réseau DEFLO détecté le crash de l'avion de Singapore Airlines

Réponse : DEFLO pas récupéré depuis l'accident, mais des réseaux Australiens et CEA des mêmes types de capteurs ont apparemment détecté cet évènement et donné des informations sur la direction.

Info de dernière minute: un bruit a été détecté sur l'hydrophone au large de Perth, Australie et a indiqué une direction mais finalement il ne sont pas certains que cela soit le crash. Cela pourrait être un séisme qui aurait eu lieu à la même heure. Le CTBT après le crash du Rio-Paris en 2009 a recherché dans ces enregistrements la présence d'un bruit après avoir découvert l'emplacement du crash mais ils n'ont rien trouvé... !

Sismomètres câblés fibre-optiques (P Bernard)

Développement de capteurs géophysiques opto-mécaniques haute-résolution (sismomètres, tiltmètres, strainmeter...)

Avantages : pas besoin d'électricité, pas de dérive électronique, pas de parasitage ...

Principe : Un laser pointe sur un miroir fixé sur une masse mobile et permet ainsi la mesure du déplacement par optique sur la partie fixe de l'instrument.

Signal brut = intensité lumineuse

Phase de test : géophone d'un côté (en mer) séparé du système d'acquisition et du laser par une fibre de 3 km

Utilisation d'un sismomètre ST2 pour calibrer la réponse instrumentale.

Fréquence maximale d'enregistrement : 10 kHz

Premier chantier va être le canal des Saintes (au Sud de la Guadeloupe) : instrument en construction, à tester près du rivage (Bretagne ou Nice) avant d'aller en Guadeloupe.

Projet LINES, collaboration entre IPGP, ISE-LAAS, ESEO (Angers), LSBB (Nice), Géosciences Montpellier.

En utilisant un laser propagé dans une fibre optique pour détecter le mouvement d'une masse d'un géophone 2Hz, on arrive à un signal semblable à celui d'un STS-2, et beaucoup plus sensible que le géophone d'origine. De plus, il n'y a pas d'énergie nécessaire à côté du sismomètre, simplement au niveau du laser (à terre)

La câble était de 3 km et roulé autour d'une bobine, ce qui donne la même impédance qu'un câble droit de 10 km de long.

Prévoit expérience offshore (Bretagne ou Nice), suivi d'une expérience dans le canal des Saintes.

Future configuration pourrait aussi être une bouée à la surface avec un câble qui descend jusqu'à l'instrument.

Question : Quel est la longueur maximale possible pour le câble ?

Réponse : 10 km actuellement, avec un diode laser. Avec un bon laser, 50 km doit être possible.

Q : L'instrument sera-t-il enterré.

R : Ça ne doit pas poser de problème dans les sédiments parce que le capteur est petit et un ROV sera utilisé pour l'installation du câble.

C Deplus : Le capteur sera-t-il saturé lors d'un grand séisme ?

R : C'est possible, comme pour tout sismomètre, mais il suffit de mettre un accéléromètre à côté pour couvrir toute la gamme.

W Crawford : Il faudrait un spectre pendant une période sans séisme pour vraiment déterminer la sensibilité du système.

L'expérience RHUM-RUM: Description et premiers résultats

Buts :

- Imagerie du manteau supérieur et inférieur sous la Réunion
- Relation avec super-plume Africain ?
- Structure de la LAB

Besoin d'un dispositif d'environ 2000 km de large (OBS et stations à terre) pour imager tout le manteau.

48 OBS DEPAS (Allemands) et 9 OBS INSU

Dispositif : cercles autour de la Réunion, réseau qui suit la ride océanique sud-ouest Indienne et quelques instruments autour d'un mont sous-marin.

Analyse du bruit dû aux passages des cyclones pendant que les instruments étaient déployés.

Marées : signal à 12 Hz

Discussion

Nouveaux projets: mer de Patras (Nercessian, 5 ans)

Partage de données: Pas seulement OBS, pourrait

Il faut estimer la quantité de stockage nécessaire pour mettre tous les données OBS (marines?) en RESIF noeud B.

JPM a remarqué que les moyens n'étaient pas mises, ni pour les OBS ni pour les sciences de la terre en général, dans l'Europe. Il conseil de faire un lobbying au près de l'Europe, par voie de l'INSU et la ministère de la Recherche (contact?).

Plusieurs participants ont demandé pourquoi les OBS n'étaient pas dans EMSO (European Multi-Disciplinary Seafloor Observatory). Le parc INSU et le regroupement de parcs Européens se sont focalisés sur EPOS (European Plate Observatory System) parce que EPOS est très aligné sur la partage des données, un sujet sur lequel nous travaillons, mais EMSO a une partie instrumentale, a la différence de EPOS. Il est suggéré de faire des discussions RESIF-EMSO pour intégrer la partie OBS. Les OBS y pourrait être intégrés comme réseaux temporaires.

Noeud A instruments fond de mer. Le parc INSU-IPGP ainsi que le DT INSU travail actuellement pour mettre les données de l'expérience RHUM-RUM dans le noeud B RESIF. N'ayant pas de noeud A existant adapté a la transformation des données fond de mer en format prêt pour le noeud B (correction de dérive d'horloge, protocoles pour l'orientation des capteurs, caractérisation des numériseurs et chaines d'acquisition "non-standards", soit cette fonctionnalité devrait être ajouté a un noeud A, soit un noeud A dédié devrait être créé. Ce noeud pourrait (devrait ?) aussi préparer et distribuer d'autres données de séries temporelles fond de mer (ou fixes): hydrophones, électromagnétisme, capteurs de pression absolus.

Problème des BBOBS INSU lié au système de nivellement qui se déclenche toutes les heures.
Solution : changer l'espacement des vérifications du nivellement.

Prochaine réunion dans 2 ans !