

# Rapport d'activité de Philippe Roux

## Janvier 2010 - Septembre 2012

### Résumé

Philippe Roux est un physicien expérimentateur possédant une solide formation en acoustique aussi bien à l'échelle ultrasonore du domaine médical (mm) qu'à l'échelle de l'acoustique sous-marine (km). Pendant sa thèse au Laboratoire Ondes et Acoustique (1994-1997), il a travaillé à l'échelle du laboratoire sur le concept de retournement temporel et sur ses applications à la propagation dans les guides d'ondes et à l'interaction son-vorticité. De ces travaux naquirent la première expérience de télécommunication acoustique sous-marine par retournement temporel qui reste, à ce jour, une des applications majeures du retournement temporel en mer.

Par la suite, Philippe Roux poursuit sa thèse par un post-doc au Scripps Inst. of Oceanography de San Diego (Sept. 1997), où il approfondit ses connaissances théoriques et numériques en acoustique sous-marine. Il se confronte alors pour la première fois à la réalité en participant à une expérience en mer et à l'analyse de données océaniques.

Recruté au CNRS, il continua au LOA (Jan. 1999-Déc. 2001) son travail de recherche sur la cohérence du champ acoustique dans les cavités fortement réverbérantes en présence de diffusion multiple. Il travailla aussi sur le concept de résonateur acoustique pour les ondes élastiques dans les solides en concevant un bazooka à retournement temporel capable de générer des ondes de chocs de très forte amplitude avec quelques transducteurs connectés à une électronique basse-puissance.

De retour à San Diego (Jan. 2002-Juil. 2005), en détachement du CNRS, il créa et développa un laboratoire d'acoustique ultrasonore au sein du Scripps Institution of Oceanography où il obtint un poste de Chercheur Associé en Jan. 2004. Sa recherche s'oriente alors vers la cohérence spatio-temporelle du bruit ambiant en acoustique sous-marine et en géophysique. Malgré une grande implication dans les travaux expérimentaux à l'échelle du laboratoire, il passa aussi plus de trois mois en mer sur des expériences de retournement temporel dans les guides d'onde océaniques en collaboration avec le NATO Saclant Center (La Spezia).

Depuis juillet 2005, Philippe Roux est de retour au CNRS à Grenoble où il a créé l'Equipe d'Acoustique Expérimental au sein d'ISTerre. Les interactions restent fortes avec San Diego où il passe un mois par an depuis son retour en France. Ses thèmes de recherche sont centrés sur l'acoustique sous-marine et la géophysique, le lien entre ces deux axes restant la propagation d'ondes acoustiques/élastiques en milieu complexe avec une prédilection pour les expériences multi-échelles mêlant laboratoire et travail de terrain.

Ses travaux en géophysiques sont liés à l'utilisation du bruit ambiant pour l'imagerie et le monitoring des couches superficielles de la terre sur des distances de propagation allant de la dizaine de mètres au millier de kilomètres. En acoustique sous-marine, sa recherche concerne l'utilisation des noyaux de sensibilité comme outil pour inverser des perturbations (de densité ou de vitesse dans la colonne d'eau, puis de petit déplacement à la surface) dans les guides d'onde océaniques. Il a notamment profité de sa maquette de guide d'onde océanique à l'échelle ultrasonore pour mettre au point un

dispositif de barrière acoustique ultra-sensible pour la détection de cible en environnement fortement réverbérant.

Philippe Roux est Fellow de l'Acoustical Society of America depuis novembre 2004. Il a été promu Directeur de Recherche au CNRS en octobre 2009. Il bénéficie de la Prime d'Excellence Scientifique depuis octobre 2010. Il est responsable de l'Equipe Ondes et Structure au sein d'ISTerre depuis mars 2012.

<b>Table des matières</b>	<b>Pages</b>
Résumé	1
A.1- Curriculum Vitae	3
A.2- Recherche scientifique	4
A.3- Enseignement, formation et diffusion de la culture scientifique	15
A.4- Transfert technologique, relations industrielles et valorisation	17
A.5- Encadrement, animation et management de la recherche	17

## A.1- Curriculum Vitae

### *Etat Civil*

Philippe ROUX,  
né le 10 février 1969 à Lyon (Rhône)  
marié, six enfants

résidant : 26, rue Raoul Blanchard  
38000 Grenoble

### *Formation*

2001 Habilitation à Diriger les Recherches, Université Paris VI.  
1997 Thèse de Doctorat de l'Université Paris VI, spécialité Physique des Liquides, mention très honorable et félicitations du jury.  
1993 D.E.A de Physique des Liquides, Université Paris VI, mention Bien.  
1991 Magistère Inter-universitaire de Physique, Ecole Normale Supérieure.  
1989 Entrée à l'Ecole Normale Supérieure.

### *Activités professionnelles*

Depuis 10/09 Directeur de Recherche DR2 à ISTerre.  
07/05-09/09 Chargé de Recherche CR1 à ISTerre, UMR 5275, Université Joseph Fourier, Grenoble.  
01/04-07/07 Research Associate (tenured position) au MPL, USA.  
01/02- 01/04 Visiting Scientist au MPL, USA.  
12/98- 12/01 Chargé de Recherche CNRS (CR2, puis CR1 en octobre 2001) au LOA.  
9/97 – 11/98 Stage post-doctoral au Marine Physical Laboratory (MPL), Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego, USA.  
1994 - 1997 Thèse au Laboratoire Ondes et Acoustique (LOA), UMR 7587, Paris.

### *Distinctions*

Prime d'Excellence Scientifique, octobre 2010.  
Lauréat d'une Chaire d'Excellence Junior (ANR, 250 k€), juillet 2005.  
Fellow of the Acoustical Society of America, novembre 2004.  
Member of the Acoustical Society of America, décembre 2002.  
Lauréat d'une ACI blanche Jeune Chercheur (1 MF), juillet 2000.

### *Publications et Citation index (Janvier 2010)*

- 111 articles dans des journaux à comité de lecture, 1 chapitre de livre, 37 actes de conférences internationales, >130 participations orales dans des congrès internationaux dont 18 conférences invitées.

- Citation index = 2075, h-index = 24 (données ISI Web of Knowledge, septembre 2012)

## A.2- Recherche scientifique - De janvier 2010 à septembre 2012

L'acoustique connaît depuis quelques années un essor important matérialisé par l'apparition d'applications aussi nombreuses que variées, tant sur le plan fondamental que technologique. En premier lieu, les ondes acoustiques ou élastiques ayant la faculté de se propager sur de longues distances dans de nombreux milieux matériels (fluides ou solides), éventuellement opaques à la lumière, constituent un outil de diagnostic efficace au même titre que les rayons X ou les faisceaux de neutrons. En tant qu'outil de diagnostic, la spécificité de l'acoustique repose entre autre sur le fait que les longueurs d'ondes acoustiques peuvent être importantes (comparées à celles des ondes électromagnétiques), autorisant l'analyse des propriétés de milieux complexes à des échelles dites mésoscopiques (par exemple : systèmes biologiques, milieux composites). En second lieu, de nombreux phénomènes physiques s'accompagnent de l'émission d'ondes acoustiques : bruit aérodynamique en turbulence, émission acoustique lors de la propagation de fractures, ondes sismiques en géophysique pour n'en citer que quelques unes. Enfin, sur un plan plus fondamental, les ondes acoustiques sont caractérisées par des fréquences basses et de grandes longueurs d'ondes (comparées par exemple aux ondes lumineuses du domaine visible). Les ondes acoustiques autorisent donc une étude expérimentale simple de phénomènes ondulatoires complexes comme la localisation ou la diffusion multiple : on dispose en particulier de transducteurs acoustiques dont la linéarité permet d'accéder à l'information de phase (d'accès plus difficile dans le domaine optique).

L'étude des ondes acoustiques ou élastiques est à la base d'un très grand nombre d'applications dans des domaines de la physique aussi variés que la physique du solide (tests de circuits intégrés par microscopie acoustique en champ proche) ou l'astrophysique (héliosismologie). Sans prétendre être exhaustif, citons :

- dans le domaine bio-médical, tout ce qui touche à l'échographie : du fœtus, du cœur, de la main, des flux sanguins voire du cerveau. L'acoustique est aussi utilisée comme thérapie : la lithotritie (destruction des calculs rénaux), l'hyperthermie (brûler une tumeur en focalisant les ondes acoustiques) en sont de bons exemples.
- en océanographie, l'acoustique est le seul type d'onde habilitée à détecter et localiser des sources (SONAR), compter la bio-masse (poissons, plancton), transmettre de l'information ou encore imager les caractéristiques des fonds sous-marins.
- la localisation et le suivi de l'activité sismique et volcanique et la compréhension de la structure interne de la Terre sont rendus possibles par l'enregistrement des ondes élastiques engendrées tout autour du globe par les tremblements de terre. Dans le même champ de discipline (géophysique) l'exploitation pétrolière (sur terre et en mer) repose elle aussi sur une étude du sous-sol par les ondes élastiques qui s'y propagent.
- tout ce qui touche à l'audition, la voix, la musique ou le bruit est, bien entendu, un domaine où la propagation des ondes sonores joue un rôle central. Outre les problèmes de réverbération (acoustique des salles), sont apparus récemment, dans

ce domaine, des problèmes liés à la conception de sources « intelligentes » permettant de localiser simultanément au moyen d'un dispositif unique, des messages différents parlés dans des lieux distincts.

- plus généralement, la physique des ondes acoustiques et élastiques est à l'origine du développement du contrôle non-destructif, de la thermo-acoustique et plus récemment de la sonoluminescence.

Ces multiples applications de l'acoustique s'appuient notamment sur des développements rapides de l'électronique (systèmes d'acquisition et d'échantillonnage rapide), des matériaux composites et piézo-électriques (physique des matériaux) et des capacités numériques des ordinateurs (traitement de l'information). Elles sont à la base de l'intérêt croissant des chercheurs et des industriels pour les ondes acoustiques et élastiques.

L'acoustique est à l'interface de plusieurs disciplines particulièrement actives dans la région Rhône-Alpes et plus particulièrement à Grenoble : la physique, la mécanique, la géophysique, le traitement du signal, la médecine et la biologie. Ainsi, plusieurs laboratoires de Grenoble ont déjà inscrit l'acoustique, en milieu solide ou fluide, au nombre de leurs thèmes de recherche. Il s'agit notamment d'ISTerre pour la géophysique, du LPM<sup>2</sup>C dans l'étude fondamentale de la diffusion multiple, de l'Institut Néel pour le contrôle non destructif, du LEGI dans le domaine de l'interaction sonovorticité ou encore du GIPSA-Lab en traitement du signal. Les chercheurs impliqués ont pu confronter leurs approches et leurs résultats à travers la succession des Groupes de Recherche interdisciplinaires POAN, PRIMA, ONDES, IMCODE et MESOIMAGE.

Depuis mon arrivée à ISTerre en 2005, l'axe principal de mon travail fut de développer l'Equipe d'Acoustique Expérimentale. La spécificité et l'originalité du laboratoire est de travailler avec une plateforme expérimentale multi-échelles à vocation pluridisciplinaire sur laquelle s'appuieront plusieurs laboratoires dans le domaine de la physique ondulatoire.

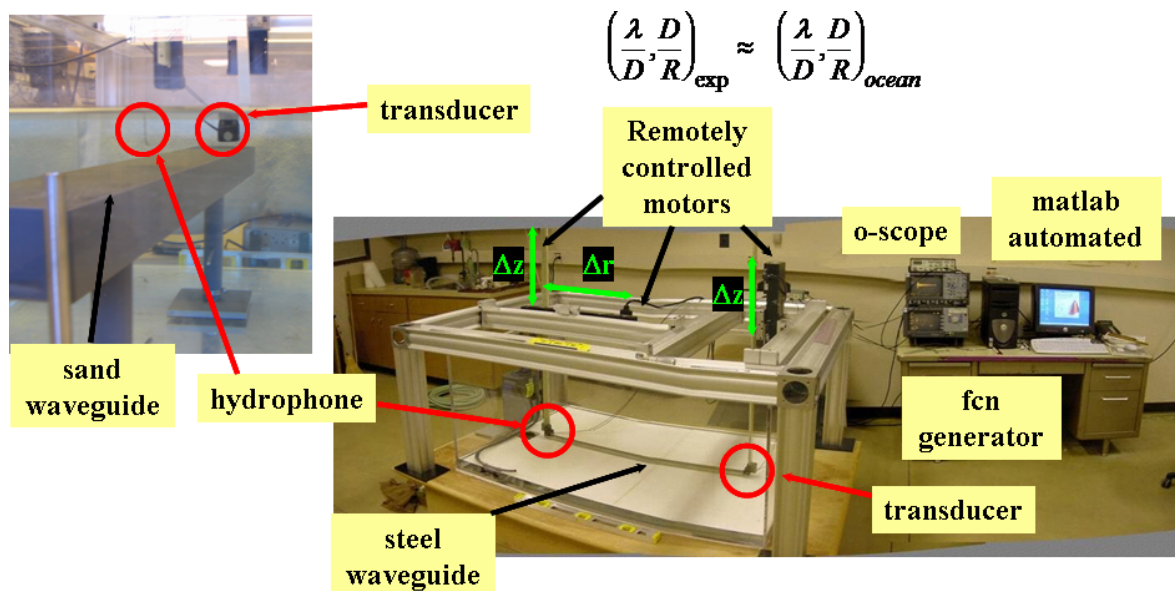
Ce travail de recherche repose sur mon bagage scientifique en acoustique ultrasonore et sur plusieurs années d'expérience dans un grand laboratoire de recherche américain. En effet, lors de mon séjour à UCSD, San Diego (2002-2005), j'avais créé et développé un laboratoire ultrasonore dans lequel nous expérimentions à échelle réduite les phénomènes de propagation acoustique observés dans l'océan. En contrôlant à loisir l'ensemble des paramètres du milieu (vague, nombre et profondeur des sources, fluctuations de température, densité du fond), cet outil nous avait permis de faire des progrès méthodologiques dans le domaine de la tomographie océanique, de la détection de cibles en milieu peu profond, de la communication sous-marine, ... J'ai reproduit cette plateforme ultrasonore à Grenoble dès la fin 2005 et mon but est d'étendre son champ d'investigation à la géophysique et plus généralement à la propagation d'ondes acousto-élastiques en milieu complexe. Ainsi, un modèle de croûte terrestre peut être reproduit à l'échelle du laboratoire pour étudier la conversion de l'énergie générée par les microséismes océaniques en ondes de Rayleigh sur le continent. De la même façon, la propagation acoustique en régime de diffusion multiple dans les nuages de bulles rend

compte à une échelle mésoscopique (et donc facile à manipuler) de phénomènes ondulatoires observés à l'échelle cristalline.

En fait, deux mots-clés sont à la base de mon travail de recherche : (1) les approches multi-échelles et (2) les réseaux multi-éléments.

- (1) On appelle milieu complexe pour les ondes tout milieu pour lequel la propagation est dominée par les phénomènes de réfraction, dispersion, diffusion et/ou réverbération. Aborder un phénomène ondulatoire complexe simultanément à l'échelle réelle et à l'échelle du laboratoire permet de simplifier voire de contrôler cette complexité en jouant séparément sur différents paramètres. Ainsi, en reprenant l'exemple de la tomographie océanique, un chenal acoustique sous-marin se transforme en un guide d'onde à l'échelle ultrasonore, guide d'onde dans lequel on peut contrôler à loisir la hauteur des vagues qui jouent un rôle important sur l'aspect aléatoire de la propagation acoustique.

- (2) A l'échelle réelle comme à l'échelle du laboratoire, il n'y a plus aujourd'hui de limitation technologique à l'utilisation de réseaux de sources/récepteurs dans l'étude des phénomènes ondulatoires en acoustique. Cependant, l'utilisation de réseaux multi-éléments est à double tranchant : d'un côté, on multiplie les angles de vue sur la propagation des ondes et on améliore de cette façon la résolution comme cela fut démontré récemment en tomographie sismique passive [Shapiro et al, 2005] ; d'un autre, on augmente énormément la quantité d'information à enregistrer, traiter et exploiter au risque de perdre de vue l'aspect physique du phénomène.



**Fig. 1 :** Dispositif expérimental à l'échelle ultrasonore permettant de reproduire la physique d'un guide d'onde océanique complexe (à gauche). Les rapports d'échelle entre la longueur d'onde  $\lambda$ , la distance de propagation  $R$  et la profondeur du guide d'onde  $D$  respectent les conditions observées en mer.

En fait, en conjuguant multi-échelles et multi-éléments, on cherche à simplifier la complexité des milieux naturels (terre, mer) tout en conservant la résolution spatiale nécessaire dans l'étude de la propagation des ondes. Le but ultime est d'utiliser les ondes

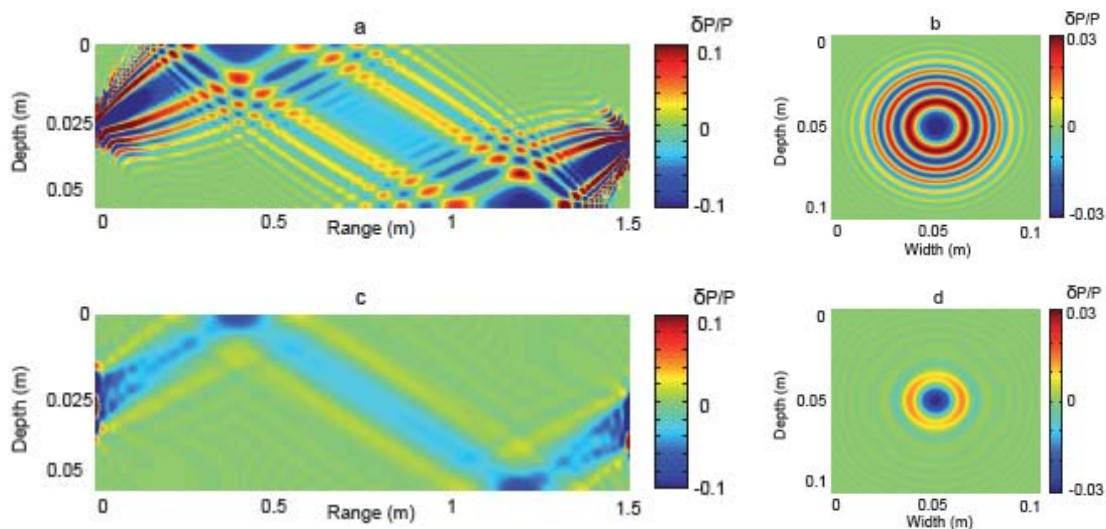
pour caractériser au mieux un milieu naturel, d'apprécier sa complexité et la réduire, de le décrire correctement à des fins d'imagerie ou de prospection, d'augmenter nos connaissances en géophysique, en acoustique ou en physique fondamentale.

Pour réaliser des expériences multi-échelles et multi-éléments sur le terrain et en laboratoire, j'ai équipé l'Equipe d'Acoustique Expérimentale de plusieurs électroniques d'acquisition et des capteurs sources/récepteurs associés. Ces outils permettent d'étudier des phénomènes de physique ondulatoire sur six décades en fréquence allant du Hz au MHz (voir Annexe). A l'aide de ces systèmes, mon équipe multiplie les approches multi-échelles et l'utilisation de réseaux multi-éléments pour appréhender la propagation d'ondes acoustiques et élastiques en géophysique, en acoustique sous-marine (Fig. 1) et dans les régimes ultrasonores mêlant la diffusion multiple et l'interaction son-vorticité.

## 1- Acoustique sous marine

L'utilisation conjuguée d'un réseau d'émetteurs et d'un réseau de récepteurs acoustiques de part et d'autre d'un guide d'onde permet de séparer les différentes arrivées propres à la propagation en milieu réverbérant. En transformant les données reçues de l'espace des positions à l'espace des angles, on autorise l'identification de chacun des maxima d'intensité du champ à des trajets acoustiques (ou rayon acoustique) se propageant entre le réseau émetteur et le réseau récepteur (Roux et al, 2008).

Comme chaque élément en surface ou dans le volume du guide d'onde est traversé par un grand nombre de ces rayons acoustiques, on peut imaginer réaliser une inversion tomographique dans le guide d'onde associée à une perturbation locale de densité ou de vitesse. En pratique, on a cherché à utiliser la physique des noyaux de sensibilité pour relier les variations de temps ou d'amplitude du champ acoustique aux paramètres physiques de la fluctuation : changement local de densité (une cible dans l'eau), perturbation locale de la vitesse (une plume de température) ou encore modification locale de l'interface eau-air (une vague à la surface).



**Fig. 2 :** Représentation du noyau de sensibilité du champ acoustique à 3 MHz pour un trajet effectuant une réflexion à la surface et une au fond. Coupe longitudinale (a) et transversale (b) dans le plan de propagation pour des réseaux émetteurs-récepteurs formés de 3 éléments. (c) et (d) Même chose pour deux réseaux émetteurs-récepteurs formés de 21 éléments.

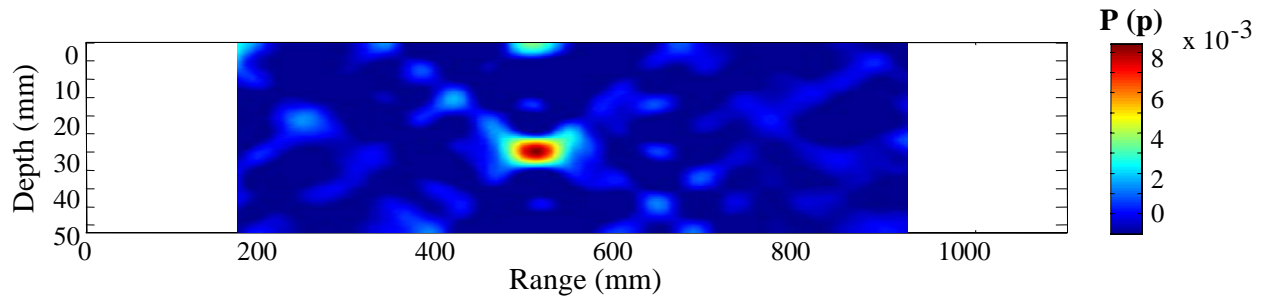
A la différence des rayons acoustiques (approximation géométrique ou haute fréquence), les noyaux de sensibilité permettent d'intégrer les effets de diffraction liés à la bande passante limitée des transducteurs piézo-électriques (Fig. 2). Cette physique n'est pas nouvelle et fut d'abord développée dans le contexte de l'imagerie géophysique de proche surface (Dalhlen et al, 2000), mais sa généralisation aux observables amplitudes/temps/angles propres à l'acoustique sous-marine est une nouveauté.

Ces travaux nous ont amenés à effectuer trois types d'inversion dans les guides d'ondes sous marins:

- (1) la détection/localisation d'une cible de taille comparable à la longueur d'onde dans un environnement de type portuaire (Marandet et al, 2011), comme démontré sur la Fig. 3;
- (2) l'imagerie d'une plume de chaleur (Roux et al, 2011), observée durant la montée du panache de convection (Fig. 4).
- (3) l'observation d'une perturbation locale de la surface du guide d'onde (Sarkar et al, 2012) due à la présence d'une cible en surface (Fig. 5).

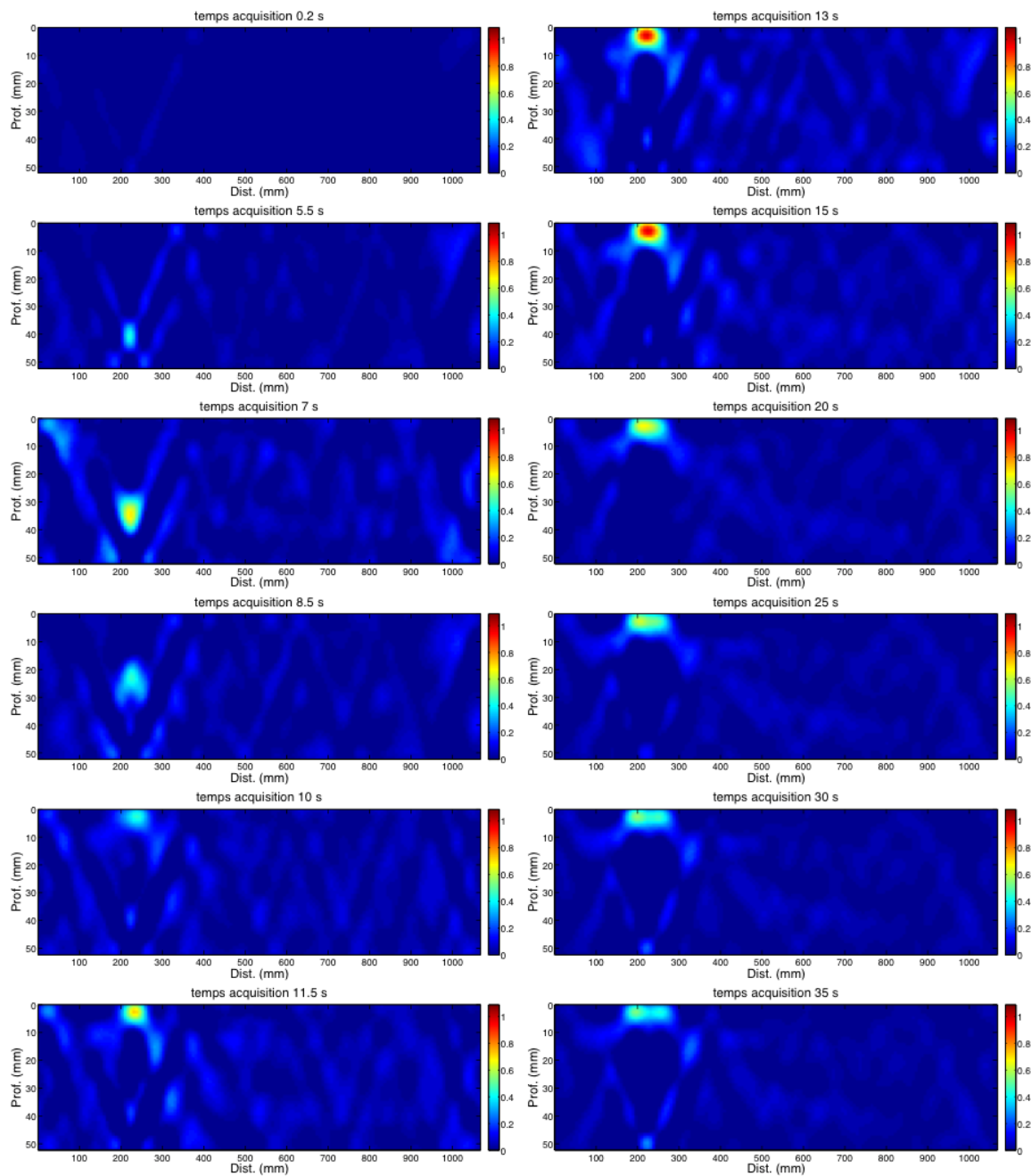
L'ensemble de ces travaux sont menés en collaboration étroite avec le GIPSA-Lab (INP, Grenoble) dans le cadre de l'ANR TOTS.

Une des perspectives de ce travail est la mise au point d'une approche méthodologique à base de réseaux émetteurs-récepteurs qui permette l'inversion d'une perturbation de taille et de caractéristique quelconque dans les milieux réverbérants. Il serait bien sûr passionnant de transposer l'ensemble de ces résultats expérimentaux effectués à l'échelle ultrasonore à l'échelle réelle d'un guide d'onde océanique.

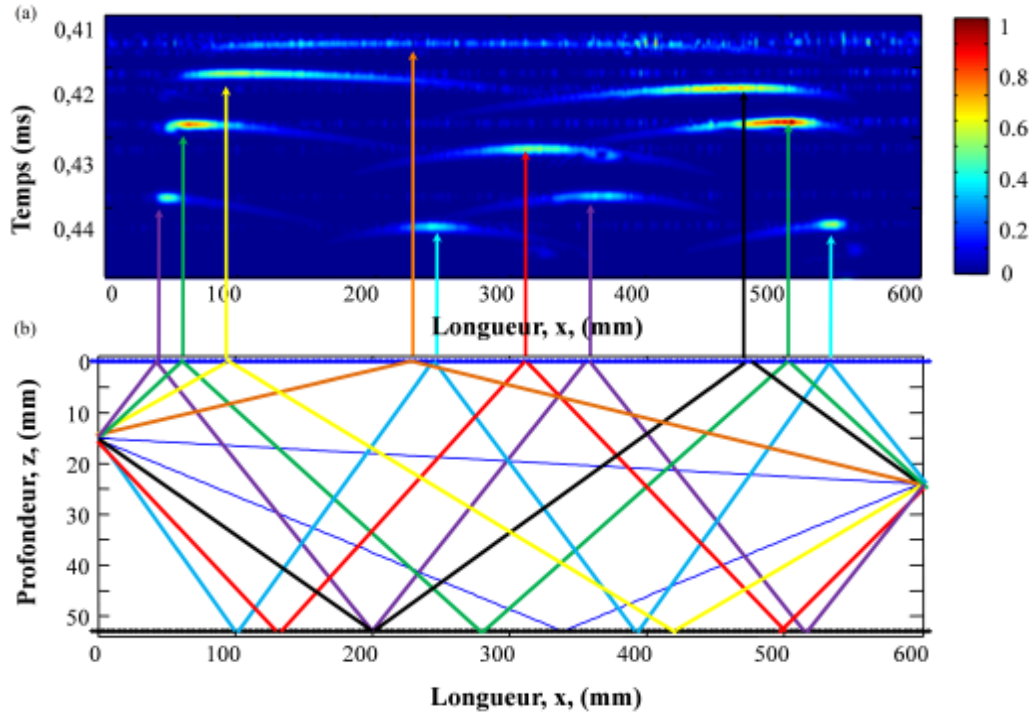


**Fig. 3:** Localisation d'une cible sphérique en plomb pour un  $ka \sim 20$  dans un guide d'onde ultrasonore de longueur 1100 mm et de profondeur 52 mm.





**Fig. 4:** Inversion tomographique d'une plume de convection thermique obtenue dans un guide d'onde ultrasonore. Pendant 40s, (de haut en bas, puis de gauche à droite), 400 images des perturbations de vitesse ont été obtenues à une fréquence de 10 Hz, dont douze sont représentées ici à différents instants. On observe clairement la montée du panache depuis le fond du guide d'onde (lieu de la chauffe initiale) vers le sommet du guide et sa dissipation en surface.



**Fig. 5:** (a) Evolution de la différence des champs acoustiques expérimentaux obtenus pour un couple émetteur/récepteur entre une acquisition de référence et une seconde perturbée par un point diffractant placé à la surface du guide d'onde. (b) Représentation des trajets acoustiques pour le couple émetteur/récepteur considéré. A la position de chaque réflexion d'un rayon, l'intensité du champ est modifiée. A noter que plus l'angle d'incidence du rayon est élevé, plus la zone de sensibilité du rayon diminue.

## 2- Géophysique

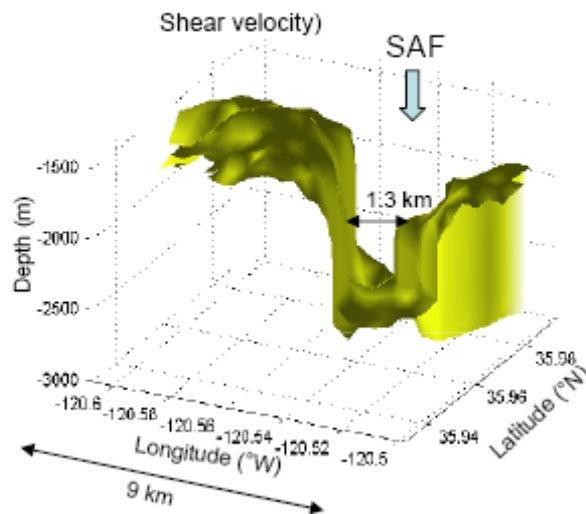
Le meilleur exemple de l'interdisciplinarité au cœur de mes sujets de recherche est le dynamisme actuel autour du thème de l'imagerie passive en géophysique, en acoustique sous-marine et dans le domaine des ultrasons. La tomographie passive se résume au double problème suivant :

- 1) Peut-on extraire du bruit ambiant mesuré en deux points la fonction de Green entre ces deux points ?
- 2) La qualité de la fonction de Green extraite du bruit est-elle suffisante pour reconstruire une image du milieu ?

Ces dernières années, des expériences ont validé le premier point dans tous les domaines de la physique ondulatoire. La fonction de Green émerge de la corrélation d'un champ diffus mesuré en deux points sur de longues périodes de temps. Le champ diffus est issu du bruit ambiant (comme en géophysique [Shapiro et al, 2005] ou en acoustique sous-marine [Sabra et al, 2005a]) ou de codas de sources actives en régime de diffusion multiple (comme en géophysique [Campillo and Paul, 2003] et en acoustique ultrasonore [Derode et al, 2003 ; Lobkis and Weaver, 2001]).

En revanche, dans la plupart des cas, seule une estimation de la fonction de Green est obtenue, estimation qui dépend principalement de la distribution spatio-temporelle des sources de bruit utilisées. Ainsi, en géophysique, l'onde de Rayleigh est facilement obtenue car cette onde est largement excitée par les sources de bruit ambiant de type « océanique » dans la gamme de fréquence [0.1-0.2 Hz]. En acoustique sous-marine, la fonction de Green est pondérée en amplitude par le fait que les sources de bruit sont dues aux vagues à la surface de l'océan. De nombreux travaux théoriques ont étudié le problème en espace libre, dans un guide d'onde ou dans une cavité [Roux et al, 2005 ; Snieder, 2004 ; Sabra et al, 2005b]. La variance de la fonction de corrélation et sa convergence vers la fonction de Green ont été étudiées de façon théorique et expérimentale. Enfin, le bruit ambiant étant souvent difficile à maîtriser, le problème a aussi été approché en utilisant une distribution de sources incohérentes et non maîtrisées, comme le bruit d'un bateau en mer ou la coda d'une collection de séismes en géophysique [Roux et al, 2004 ; Sabra et al, 2005a].

Concernant le deuxième point mentionné ci-dessus, il reste bien entendu beaucoup à faire et à comprendre dans le domaine de la tomographie passive. En particulier, reconstruire une image du milieu à partir du simple bruit ambiant est un problème passionnant. Une première carte de vitesse d'ondes de surface a été obtenue en Californie du sud début 2005 à partir d'ondes de Rayleigh [Shapiro et al, 2005]. Plus récemment, la faille de San Andreas a été imagée dans la région de Parkfield (Californie) via l'extraction d'ondes de Love du bruit sismique ambiant (Fig. 6).

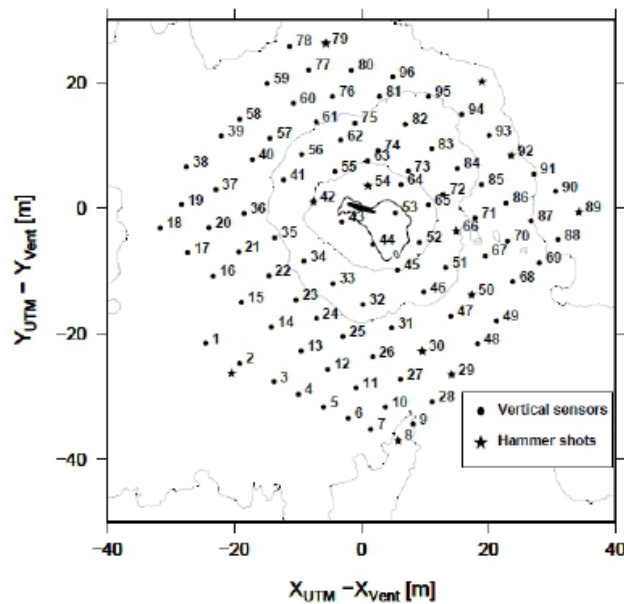


**Fig. 6:** Image de la Faille de San Andrés par corrélation de bruit sismique ambiant (Roux, 2009).

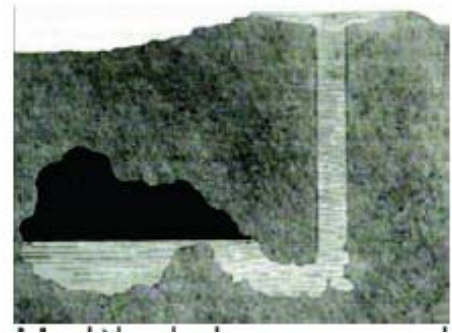
Ces résultats très encourageants montrent que nous pourrions atteindre notre objectif en géophysique à des échelles locales (<20 km) en utilisant des ondes de volume, et globales (~1000 km) via les ondes de surface (Rayleigh ou Love) [Roux et al, 2011]. Dans les deux cas, l'inversion tomographique est faite à partir des temps de trajets mesurés entre sismomètres en utilisant un noyau d'inversion basé sur le tracé de rayons. Contrairement à une tomographie classique où la mesure des temps est issue de sources

actives maîtrisées, la tomographie passive est le fruit de la corrélation de bruit ambiant dont on espère qu'il satisfait à des conditions de stationnarité et d'isotropie dans la bande spectrale considérée. La qualité ou les biais observés sur l'inversion tomographique est ainsi directement liée aux propriétés spatiales et temporelles du bruit ambiant.

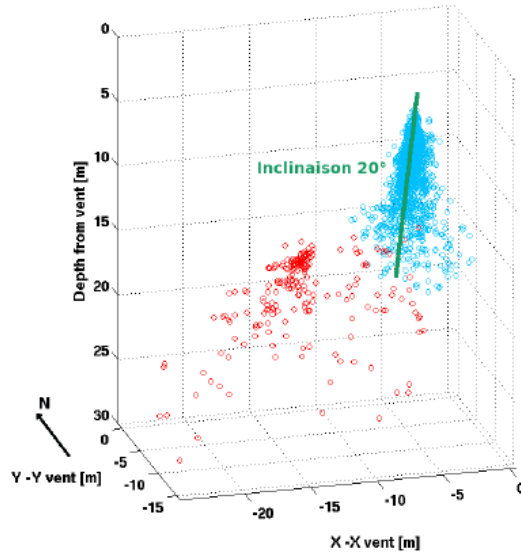
Une autre application potentielle du bruit ambiant via l'acquisition sur des réseaux sismique denses est la localisation dynamique des sources de bruit ambiant. Prenons pour exemple le bruit généré par un geyser à quelques mètres sous la surface du sol : Old Faithfull, au coeur du Yellowstone National Park, ainsi nommé pour la régularité de ses éruptions (avec une période d'environ 40 minutes). En 1992, un réseau sismique de 96 stations avait été déployé autour du geyser (Fig. 7a) pour en mesurer l'activité sismique. Les signaux enregistrés montraient une activité de trémor permanente, c'est-à-dire un bruit intense continu dont la modulation d'amplitude correspondait aux périodes d'éruption du geyser. En revisitant ces données de bruit sismique ambiant, vingt ans après, via l'utilisation d'algorithmes de traitement d'antennes (ou Matched Field Processing), nous avons pu isoler et relocaliser les sources principales de bruit sismique et leur dynamique temporelle au cours du cycle d'éruption (Cros et al, 2012). Il apparaît (1) que la source dominante de bruit vient du conduit du geyser avec une montée progressive de ce bruit d'ébullition au cours du cycle (Figs. 7c et d), et (2) qu'une zone de recharge est présente à côté du geyser comme cela est parfois décrit dans la littérature (Fig. 7b) pour ce type de phénomènes hydrothermaux.



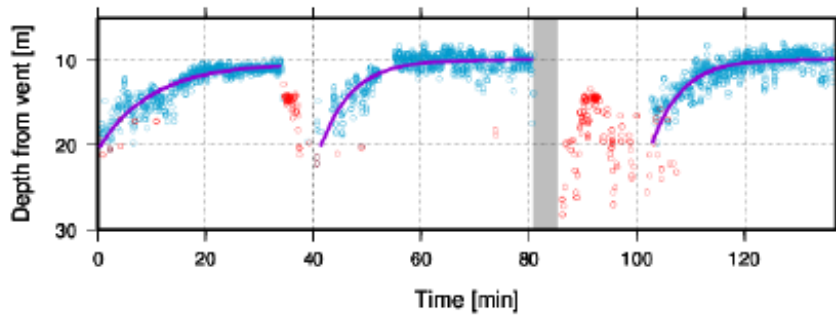
(a)



(b)



(c)



(d)

**Fig. 7:** Suivi temporel des sources de bruit sismique ambiant sur le geyser Old Faithfull, Yellowstone National Park, USA. (a) Répartition géographique sur une zone de 40 m x 40 m des 96 stations sismiques autour du conduit principal du geyser. (b) Modèle de la structure d'un geyser dit "bubble trap". (c) Répartition spatiale des sources de bruit sismique pendant deux cycles du geyser. Les sources du conduit principal sont en bleu, les sources dans la zone de recharge sont en rouge. (d) Suivi dynamique (en profondeur sur ce graphe) des sources de bruit sismique ambiant. On notera: (1) la montée progressive au début du cycle jusqu'à une profondeur de 10 m environ et (2) l'activation de la zone de recharge à la fin du cycle d'éruption.

### 3- Annexe

Depuis mon arrivée à ISTERre en juillet 2005, j'ai équipé l'Equipe d'Acoustique Expérimentale des outils nécessaires à l'étude des ondes acoustiques/élastiques sur des échelles allant du mm au km. Ainsi, nous travaillons dès maintenant avec deux systèmes d'acquisition complémentaires :

(1) une électronique d'acquisition haute fréquence composée de 64 voies indépendantes pouvant émettre et enregistrer en temps réel la fonction de transfert de milieux diffractants sur une bande passante allant de 20 kHz à 30 MHz.

(2) une électronique plus basse fréquence (1 Hz-100 kHz) possédant 32 voies synchronisées pour une fréquence d'échantillonnage de 500 kHz par voie.

Ces deux électroniques d'acquisition sont couplées à des réseaux émetteurs/récepteurs de plusieurs types :

- deux couples de réseaux émetteurs/récepteurs de 64 éléments piézo-électriques centrés respectivement à 1 MHz et 3 MHz qui couvrent la bande de fréquence [200 kHz – 5 MHz]. Par ailleurs, deux transducteurs mono-éléments et deux hydrophones large-bande viennent compléter notre dispositif ultrasonore.

- 32 puis bientôt 64 accéléromètres hautes fréquences possédant une très forte dynamique en réception (> 90dB) entre 1 Hz et 100 kHz.

- pour les expériences de terrain, ISTerre possède un grand nombre de géophones et de stations sismiques (0,1 Hz - 200 Hz) dont le réseau IHR (Imagerie Haute résolution) qui concentre un maximum de 270 capteurs sismiques à l'échelle du kilomètre.

Par ailleurs, dans le cadre de la rénovation des bâtiments d'ISTerre, l'Equipe d'Acoustique Expérimentale s'est vue attribuée en décembre 2007 deux salles expérimentales réhabilitées pour une surface totale de 185 m<sup>2</sup>. Pour info, la visite virtuelle de ces salles expérimentales a été mise en ligne sur le site du CNRS sur:

<http://www.cnrs.fr/cnrs-images/multimedia/lgit/pages/ondes/ondes09.html>  
et <http://www.cnrs.fr/cnrs-images/multimedia/lgit/pages/ondes/ondes10.html> ).

#### 4- Références

M. Campillo and A. Paul (2003), "Long-range correlations in the diffuse seismic coda", *Science*, 299, 547-549.

E. Cros, Ph. Roux, J. Vandemeulebrouck and S. Kedar (2011), "Locating hydrothermal acoustic sources at Old Faithful geyser using Matched-Field processing", *Geophys. J. Int.*, 187(1), 385-393.

A. Derode, E. Larose, M. Tanter, J. De Rosny, A. Tourin, M. Campillo and M. Fink (2003), « Recovering the Green's function from the field-field correlations in an open scattering medium (L) », *J. Acoust. Soc. Am.*, 113, 2973-2976.

F.A. Dahlen, S.H. Hung and G. Nolet (2000), "Fréchet kernels for finite-difference traveltimes – I. Theory", *Geophys. J. Int.*, vol 141, pp.157-174.

O. I. Lobkis and R. L. Weaver (2001), "On the emergence of the Green's function in the correlations of a diffuse field", *J. Acoust. Soc. Am.*, 110, 3011-3017.

Christian Marandet, Philippe Roux, Barbara Nicolas and Jerome Mars (2011), "Target detection and localization in shallow water: an experimental demonstration of the acoustic barrier problem at the laboratory scale", *J. Acoust. Soc. Am.* 129(1), 85-97.

Roux, P., W.A. Kuperman, and the NPAL Group (2004), Extracting coherent wavefronts from acoustic ambient noise in the ocean, *J. Acoust. Soc. Am.*, 116, pp. 1995-2003.

Philippe Roux, Bruce D. Cornuelle, W.A. Kuperman and W.S. Hodgkiss (2008), "The structure of ray-like arrivals in a shallow water waveguide", *J. Acoust. Soc. Am.*, 124 (6), pp. 3430—3439.

Roux, P. (2009), "Passive seismic imaging with directive ambient noise: Application to surface waves on the San Andreas Fault (SAF) in Parkfield", *Geophysical Journal International*, 179 (1), pp. 367-373.

Philippe Roux, Antoine Roueff and Marc Wathelet (2011), "The San Andreas Fault revisited through seismic-noise and surface-wave tomography", *Geophys. Res. Lett.*, 38, L13319.

Philippe Roux, Ion Iturbe, Barbara Nicolas, Jean Virieux and Jerome Mars (2011), "Travel-time tomography in shallow water: Experimental demonstration at an ultrasonic scale", *J. Acoust. Soc. Am.*, 130(3), 1232-1241.

Karim G. Sabra, Philippe Roux, Aaron M. Thode, Gerald L. D'Spain, W.S. Hodgkiss and W.A. Kuperman (2005a), "Using ocean ambient noise for array self-localization and self-synchronization", in press, *IEEE Journal of Oceanic Engineering*.

Karim G. Sabra, Philippe Roux and W.A. Kuperman (2005b), "Arrival structure of the time-averaged ambient noise cross-correlation function in an oceanic waveguide", *J. Acoust. Soc. Am.* 117(1), pp. 164-174.

Jit Sarkar, Christian Marandet, Philippe Roux, Shane Walker, Bruce D. Cornuelle and W.A. Kuperman (2012), "Sensitivity kernel for surface scattering in a waveguide", *J. Acoust. Soc. Am.*, 131 (1), 111-118.

Shapiro, N.M., M. Campillo, L. Stehly and M.H. Ritzwoller (2005), High-resolution surface-wave tomography from ambient seismic noise, *Science* 29, 1615-1617.

R. Snieder (2004), "Extracting the Green's function from the correlation of coda waves: A derivation based on stationary phase", *Phys. Rev. E*, 69, 046610.

### **A.3- Enseignement, formation et diffusion de la culture scientifique (2010-2012)**

#### **1- Encadrement**

### **Post doc**

- Margherita Corciuolo, juin 2009 - mars 2012, ISTerre.
- Lenaic Bonneau, janvier 2011 - juin 2012, ISTerre.
- Fabian Walter, depuis septembre 2012, ISTerre.
- Christian Marandet, depuis décembre 2011, Marine Physical Lab., San Diego.

### **Etudiants en thèse**

- Vincent Clerc (directeur de thèse), thèse débutée en septembre 2012.
- Matthieu Rupin (co-directeur de thèse 50%), thèse débutée en nov. 2010.
- Florent Aulanier (co-directeur de thèse 33%), thèse débutée en nov. 2010.
- Pierre Boué (co-directeur de thèse 50%), thèse débutée en nov. 2010.
- Benoit De Cacqueray (directeur de thèse), thèse débutée en nov. 2009, soutenance prévue en novembre 2012.
- Christian Marandet (directeur de thèse), thèse soutenue en novembre 2011.
- Bérénice froment (co-directeur de thèse 50%), thèse soutenue en novembre 2011.
- Estelle Cros (co-directeur de thèse 50%), thèse soutenue en novembre 2011.
- Thomas Gallot (co-directeur de thèse 50%), thèse soutenue en novembre 2010.

### **Etudiant en master 2 (stage longue durée)**

- Vincent Clerc, M2R UJF (Grenoble), mars à juin 2012.
- Ali Zorgani, M2Pro UJF (Grenoble), mars à juin 2012.
- Anais Boué, M2R UJF (Grenoble), mars à juin 2010.
- Pierre Boué, M2R EOST (Strasbourg), mars à juin 2010.
- Jean Letort, M2R EOST (Strasbourg), mars à juin 2010.

### **Participation à des jurys de thèse :**

- Jean-Marie Lalande (rapporteur), juin 2012, Ecole Centrale Lyon.
- Samuel Pinson (rapporteur), novembre 2011, Ecole Navale, Brest.
- Céline Hadziioannou (président), novembre 2011, UJF (Grenoble).
- Christian Marandet (directeur de thèse), novembre 2011, UJF (Grenoble).
- Bérénice froment (co-directeur de thèse 50%), novembre 2011, UJF (Grenoble).
- Estelle Cros (co-directeur de thèse 50%), novembre 2011, Université Chambéry.
- Thomas Gallot (co-directeur de thèse 50%), novembre 2010, UJF (Grenoble).
- Alexios Korakas (rapporteur), avril 2010, Ecole Centrale Lyon.
- Ion Iturbe (directeur de thèse), janvier 2010, INPG (Grenoble).

## **2- Enseignement**

- janvier 2010 et 2011: 10h de cours au Master Pro d'Acoustique Ultrasonore (Grenoble) sur le thème : Techniques d'inversion.
- novembre 2011 : 6h de cours au M2 MEI SIM (Grenoble) : Inversion Acoustique
- novembre 2010 et 2011 : 6h de TP en L2 (Grenoble) : Convection thermique.

## **3- Organisation de conférences**



- Organisateur du workshop « Passive Imaging in wave physics: from seismology to ultrasound », 9-13 Mai 2011, Cargèse, France (85 participants).

#### **A.4- Transfert technologique, relations industrielles et valorisation (2010-2012)**

SOURCE OF SUPPORT	PROJECT/PROPOSAL TITLE	MAN MONTHS	AMOUNT	PERIOD COVERED
ANR Risk Nat'	G-GAP: Nouvelles perspectives sur le risque sismique associé à la subduction: transitoires, tremors, monitoring passif, tectonique et scénarios.	3.6	560 k€	01/2009 01/2012
Société Total	Imagerie et le monitoring passifs par corrélation de bruit de fond sismique : applications aux réservoirs pétroliers	4.8	173 k€	06/2009 06/2011
European Research Council Advanced Grant	Whisper : Towards continuous monitoring of the continuously changing earth	12	1.7 M€	6/2009 6/2014
ANR Blanc	Geobridge : rupture des géomatériaux cohésifs : liens entre les échelles	6	410 k€	10/2009 10/2012

#### **A.5- Encadrement, animation et management de la recherche (2010-2012)**

##### **Responsabilités au sein du laboratoire**

- membre nommé du Conseil de Laboratoire sur la période 2007-2012.
- responsable de l'Equipe Ondes et Structure (11 chercheurs, 4 ITA, 4 post-docs, 9 doctorants) depuis mars 2012.