

Numéro spécial
EQUIPEX RESIF-CORE**ACTUALITÉS****Décembre 2012 :**

- Notification du soutien SOERE
- Signature convention EQUIPEX RESIF-CORE

Novembre 2012 :

- Réunion EPOS avec les représentants gouvernementaux de **17** pays européens
- Nomination du conseil scientifique de RESIF

Octobre 2012 :

- Nomination de Jean Chéry au Bureau de RESIF

ARTICLE (p. 7)

Conseil Scientifique de RESIF

PORTRAIT (p. 8)

Helle Pedersen, Directrice du Consortium RESIF

**ÉDITO** par René Crusem, Tony
Monfret et Helle Pedersen

Les réflexions et travaux préparatoires autour du projet RESIF ont démarré il y a 4 ans: ce projet n'est pas seulement la continuation d'un existant, il est issu des

exercices de prospective scientifique de la communauté française des Sciences de la Terre et a pour but de construire et mettre en œuvre un nouveau projet scientifique ambitieux dédié à l'observation sismologique et géodésique. Ce projet national a pour vocation de s'intégrer ou d'être complémentaires de projets européens en cours d'élaboration. Pour atteindre les objectifs scientifiques de RESIF, il est indispensable de renforcer, voire de construire, la coopération entre tous les acteurs impliqués au niveau national. Une nouvelle organisation se met donc en place via la création du Consortium RESIF (voir Newsletter RESIF n° 1) et l'assignation des rôles de chacun au sein du projet.

Ces efforts réalisés commencent à porter leurs fruits. RESIF est maintenant reconnu comme un interlocuteur privilégié pour les observations sismologiques et géodésiques terrestres en France et dans les instances européennes. RESIF a su attirer des moyens financiers conséquents pour démarrer la construction – ou dans certains cas la jouvence - des équipements, notamment à travers un projet "Investissements d'Avenir – Equipement d'Excellence", qui a été favorablement évalué en 2010, et a été lauréat du deuxième appel d'offres en 2011, à hauteur de 9,3 M€. Ce projet, RESIF-CORE, est détaillé dans cette Newsletter.

Nous profitons de cet éditorial pour rendre hommage à tous les chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs et administratifs qui sont impliqués dans RESIF et qui y apportent toute leurs compétences et leur énergie.

EQUIPEX RESIF-CORE

Introduction

Le projet RESIF-CORE est lauréat du deuxième appel d'offres " Investissements d'Avenir – Equipement d'Excellence " (EQUIPEX) du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Il est une des contributions financières majeures du projet RESIF qui a pour but de faire évoluer les moyens français d'observation de la Terre en sismologie et en géodésie vers un instrument d'excellence de rang international et ainsi, de renforcer la présence de scientifiques français au cœur du dispositif d'observation géophysique au niveau européen et mondial.

Avec un budget global de 9,3 M€ sur 7 ans (2012-2018), RESIF-CORE participe à hauteur d'environ 50% à la construction et à l'installation de l'instrumentation nécessaire à RESIF. Des financements complémentaires seront demandés via la ligne budgétaire « Infrastructures de Recherche » pilotée par le CNRS et aux institutions publiques des régions françaises. Un partenariat sera cherché avec le secteur privé. Au-delà d'un apport en personnel, les partenaires de RESIF-CORE contribuent au soutien logistique (secrétariat, locaux, voitures,...) pour la bonne marche du projet. La gouvernance de RESIF-CORE est assurée par le Comité Directeur de RESIF.

Objectifs scientifiques en bref

De nombreuses études et avancées scientifiques de premier rang sont attendues dans les prochaines années à partir des données de RESIF qui permettront de mieux imager la structure de la terre et comprendre sa dynamique, depuis le noyau terrestre jusqu'à la surface. La France métropolitaine se caractérise par une très grande diversité de contextes tectoniques comme par exemple, des chaînes de montagnes récentes à déformation lente (Alpes, Pyrénées), un rift dans le fossé rhénan, de grands bassins asismiques (parisien, aquitain), des chaînes de montages anciennes (massif armoricain, massif central) ou encore des volcans récemment actifs dans le Massif Central. Ces régions sont depuis longtemps bien cartographiées en surface (Fig. 1) mais leur structure en profondeur et leur déformation actuelle restent encore mal connues. L'étude simultanée des déformations lentes, de la structure lithosphérique et de la sismicité permettront d'aboutir à une vision en 4 dimensions - en incluant le temps - de ce système complexe et ainsi mieux comprendre sa dynamique.

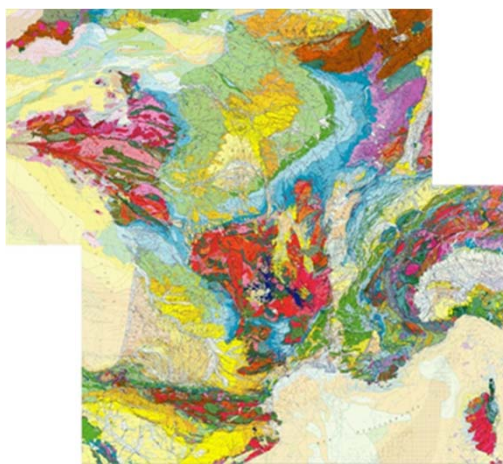


FIGURE 1 : Carte géologique de la France (source : BRGM).

La sismicité historique dans l'Hexagone fait mention de plusieurs événements destructeurs entrecoupés de longues périodes de relative accalmie. Bien que l'aléa sismique en métropole soit qualifié de faible à modéré, de forts séismes sont donc possibles et leur impact est potentiellement important du fait de la densité de population et d'industrialisation du pays. Aussi, une meilleure localisation et caractérisation de la sismicité dans une grande gamme de magnitudes (Fig. 2) et la connaissance de la vitesse de déformation et des contraintes associées à des échelles locales et régionales, permettront de mieux identifier les failles actives ou susceptibles de l'être ainsi que leurs interactions. Un autre élément décisif dans l'estimation du risque sismique réside dans une meilleure prise en compte de la complexité de la propagation des ondes dans la croûte terrestre, dont la structure en France métropolitaine est aujourd'hui encore trop mal connue pour permettre des études fines lorsque les longueurs d'onde sont de quelques kilomètres seulement.

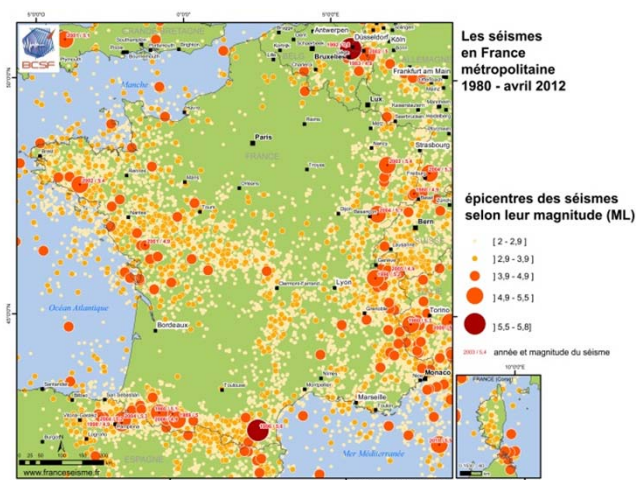


FIGURE 2 : Carte de la sismicité de la France Métropolitaine entre 1980 et 2012 (source : BCSF).

Depuis peu, de nouvelles techniques de traitement des données géophysiques permettent de suivre temporellement l'évolution des structures internes de la Terre depuis l'échelle du réservoir (induit par l'extraction ou le stockage de fluides comme par exemple le CO₂) jusqu'à l'échelle de toute la croûte (remontées de magma, modifications des paramètres élastiques suite à un séisme, ...). Ces nouvelles méthodes, loin d'avoir montré tout leur potentiel, ont comme point commun le besoin d'une grande densité de points de mesure répétés dans le temps nécessitant un mode d'acquisition en continu sur des durées longues.

Enjeux sociétaux

L'impact sociétal de RESIF est clairement reconnu via le soutien du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) et des alliances ANCRE et AllEnvi (labellisation Service d'Observation et d'Expérimentation au long terme pour la Recherche en Environnement (SOERE)). Les retombées sociétales toucheront au milieu éducatif, notamment à travers le programme national "Sismo à l'école", aux développements méthodologiques et techniques pour le suivi des stockages géologiques et la recherche de ressources naturelles ainsi qu'à différents aspects de la réduction des risques naturels. RESIF est, par exemple, une infrastructure indispensable pour la caractérisation et la compréhension des séismes et les flux de données issus de ses instruments seront spécifiquement mis à disposition des opérateurs d'alerte aux séismes et aux tsunamis.

L'instrument d'observation RESIF

RESIF est constitué de plusieurs type de capteurs afin de mesurer et de suivre l'évolution des déformations terrestres sur une très grande gamme de longueurs d'onde, en partant de ses composantes statiques (déformations lentes suivies par les équipements géodésiques et gravimétriques) jusqu'à celles de plus hautes fréquences (déformations dues aux séismes, enregistrées par les accéléromètres et les vélocimètres à large-bande passante). L'intégration de différents types de capteurs dans RESIF, parfois co-localisés, encouragera l'analyse multi-capteurs et le développement d'inversions conjointes. Les équipements permanents de RESIF seront répartis de façon dense et homogène sur tout le territoire métropolitain: ils fourniront des données de grande qualité à des fins de recherches fondamentales, méthodologiques et appliquées. À des échelles spatiales restreintes, les équipements mobiles seront utilisés pour des études ciblées. La communauté scientifique disposera ainsi d'environ 400 points de mesure permanents en métropole et d'environ 300 stations sismologiques et géodésiques mobiles pour les campagnes de terrain temporaires. Le grand volume de données qui sera engendré par ces stations sera stocké, analysé et rapidement mis en accès libre et gratuit.

Equipements à acquérir

- Instrumentation sismologique: 25 instruments supplémentaires seront acquis pour le parc mobile SISMOB et 85 nouvelles stations permanentes s'ajouteront au Réseau Large Bande Permanent (RLBP) dont l'objectif, à terme, est d'aboutir à un réseau dense d'environ 200 stations réparties de manière homogène sur le territoire métropolitain. Chaque site permanent sera équipé d'un capteur large bande et d'un système d'acquisition à grande dynamique ainsi que de systèmes de supervision à distance. La plupart de ces sites pourront également accueillir d'autres instruments (accéléromètres, GPS, mesures environnementales, ...).
- Instrumentation Global Navigation Satellite System (GNSS): il est prévu de renouveler la majorité des récepteurs permanents GNSS du réseau RENAG. Les nouveaux matériels permettront à la fois d'augmenter la capacité d'échantillonnage nécessaire pour combler la lacune entre données statiques et fréquences typiques des signaux sismiques et d'accéder aux signaux des nouvelles constellations de satellites (Galileo, ...).
- Instrumentation gravimétrique: RESIF se dotera d'instruments gravimétriques mobiles standards et de nouvelles technologies (voir Newsletter n°1) pour améliorer la mesure des déformations à l'échelle de la croûte et de la lithosphère. RESIF participera également à la jouvence du gravimètre supraconducteur permanent installé dans la plaine d'Alsace par l'EOST (Strasbourg) et dont les mesures de variations gravimétriques depuis 1987 représentent l'une des séries de mesures les plus longues jamais acquise.
- Système d'information (SI): les données et métadonnées de l'ensemble des instruments composant RESIF seront distribuées de manière libre et gratuite par le SI. Les données seront également transmises à des bases de données européennes et internationales. La diversité et le volume de plus en plus important des données (estimé à 20 Tb par an) ainsi que les évolutions internationales de format, de protocoles d'échange, de qualification et de traitement nécessitent une révision de leur architecture de validation et de leur distribution. RESIF-CORE financera cette restructuration par la mise en place d'infrastructures matérielles, de sous-traitance et de moyens humains.

Budget

Le financement de l'EQUIPEX RESIF-CORE est de 9,3 M€, réparti selon les volets "Investissement" et "Fonctionnement". Les partenaires de RESIF-CORE (voir "Partenaires") contribuent à hauteur de 34 M€ sous forme de participation de leur personnel.

- Investissement: avec un budget de 8,5 M€ pour la période 2012-2018, ce volet contribuera à l'achat et la jouvence d'équipements et d'infrastructures (voir tableau 1 et Figure 3).

Élément	Coût, TVA non récupérable incluse (k€)
Instrumentation sismologique	5 573
Instrumentation GNSS	260
Instrumentation gravimétrique	723
Système d'Information	1 812
Coordination du projet	132
Total	8 500

Tableau 1 : Coûts d'investissement (en k€) conformément à l'attribution RESIF - CORE

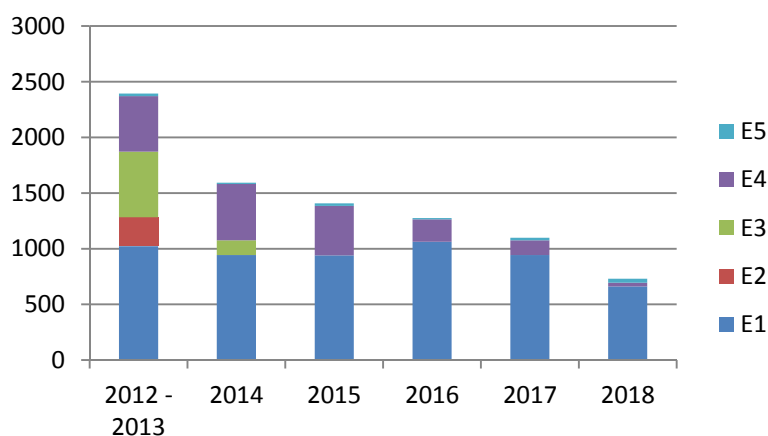


Figure 3: Coûts d'investissement annuels (en k€) conformément à l'attribution RESIF - CORE

- Fonctionnement: il est budgétisé à hauteur de 0,8 M€ sur 7 ans. Il permettra ainsi d'assumer pendant la phase de transition, les coûts supplémentaires dus au fonctionnement simultané des instruments obsolètes et modernes.

Convention CNRS-ANR et démarrage de RESIF-CORE : un peu d'histoire

La préparation de la demande EQUIPEX RESIF-CORE a été un défi particulièrement grand et rendu possible grâce à la bonne volonté de tous les acteurs. Une fois les lauréats annoncés, la mise en place des financements a été jalonnée de multiples étapes que nous reprenons ici, traduisant un effort important pour s'assurer de l'utilisation efficace des financements, que ce soit de la part de l'Etat, de l'ANR mandaté pour gérer les projets et des Etablissements et Organismes porteurs du projet. Les lauréats de la deuxième vague de l'EQUIPEX ont été connus en décembre 2011. Les détails de l'attribution RESIF-CORE ont été spécifiés en mars 2012 au préalable de tout financement définitif. Entre mars et mi-mai 2012, le projet a ainsi été "consolidé", à savoir, en apportant des réponses aux recommandations du Premier Ministre de l'époque, en établissant un échéancier financier

trimestriel pour le début du projet et semestriel pour la suite, en vérifiant les apports en personnel de chaque partenaire ainsi qu'en élaborant des documents supplémentaires nécessaires pour la préparation de la convention entre l'ANR et l'organisme porteur du projet (CNRS pour RESIF-CORE), avec l'engagement formel de tous les organismes et établissements tutelles qui contribuent via leurs propres ressources (personnels, locaux, financements, ...). L'ensemble de ces documents a été soumis à l'ANR le 16 mai 2012.

La période qui s'étend entre mai et août 2012 a été dédiée à des interactions avec l'ANR pour préparer la convention ANR-CNRS en vue de sa validation par le CGI (Commissariat Général à l'Investissement). Entre septembre et octobre 2012, tous les établissements et organismes partenaires ont signé leurs engagements, permettant ensuite la préparation effective de la convention avec l'ANR. Le CNRS a signé la convention le 27 novembre 2012 et l'ANR le 10 décembre 2012, date de son entrée en vigueur.

Partenaires

Laboratoire	Numéro d'unité	Tutelle(s) contribuant avec personnel et/ou infrastructure
IPGS Strasbourg	UMR 7516	U. Strasbourg/CNRS
EOST Strasbourg	UMS 830	U. Strasbourg/CNRS
IPGP Paris	UMR 7154	IPGP/CNRS
ISTERRE Grenoble	UMR 5275	U. Joseph Fourier/CNRS/IRD/IFSTTAR
OSUG Grenoble	UMS 832	U. Joseph Fourier/CNRS/IRD/IFSTTAR
Géoazur Nice	UMR 7329	U. Nice Sophia-Antipolis/OCA/CNRS/IRD
GALILEE Nice	UMS 2202	OCA/CNRS
IRAP Toulouse	UMR 5562	U. Toulouse PRES/CNRS
GET Toulouse	UMR 5563	U. Toulouse PRES /CNRS/IRD
OMP Toulouse	UMS 831	U. Toulouse PRES /CNRS/IRD
LMV Clermont-Ferrand	UMR 6524	U. Blaise Pascal/CNRS/IRD
OPGC Clermont-Ferrand	UMS 0833	U. Blaise Pascal/CNRS
Géosciences Montpellier	UMR 5243	U. Montpellier II/CNRS
OREME	UMS 3282	U. Montpellier II/CNRS/IRD
LPG Nantes	UMR 6112	U. Nantes/CNRS
OSUNA Nantes	UMS 3281	U. Nantes/CNRS
DT INSU	UPS 855	CNRS

Conseil Scientifique de RESIF

Le Conseil Scientifique de RESIF (CS) a pris ses fonctions le 26 novembre 2012 pour la période 2012-2015.

Nommé par le Comité Directeur de RESIF, il se compose de 8 membres :

Ralph Archuleta est Professeur de sismologie à l'Université de Californie, Santa Barbara, USA. Son activité de recherche est centrée sur l'étude des mouvements forts du sol et de la dynamique/cinématique des séismes. Il a une longue expérience de travail avec des instruments portables et de l'instrumentation en forage. Il a été le premier à développer le centre de données virtuel COSMOS qui maintenant fait partie du Center for Engineering Strong Motion Data. À l'USGS, il a été responsable de l'Advanced National Seismic System et est actuellement responsable du Scientific Earthquake Studies Advisory Committee.

Carine Bruyninx est responsable du groupe de recherche GNSS à l'Observatoire Royal de Belgique et directrice du Bureau Central du Réseau Permanent EUREF en charge de sa gestion quotidienne. Elle s'est spécialisée dans l'utilisation de stations GNSS permanentes pour des applications pluridisciplinaires telles la maintenance du système de référence et le suivi des déformations et de l'atmosphère. Elle préside le groupe de travail technique de l'EUREF et le groupe de travail de l'International Association of Geodesy (IAG) sur l'intégration de champs de vitesse denses dans l'International Terrestrial Reference Frame (ITRF). Elle est membre du Conseil d'administration et de plusieurs groupes de travail de l'International GNSS Service (IGS). Elle fait aussi partie du comité scientifique du Service d'Observation de l'INSU, section géodésie-gravimétrie.

Massimo Cocco est Directeur de recherche à l'Institut National de Géophysique et Vulcanologie (INGV), Italie. Ses intérêts scientifiques portent sur la dynamique des tremblements de terre et l'interaction avec les failles, les distributions de la sismicité et les propriétés de friction des failles. Massimo Cocco a participé et a coordonné plusieurs projets nationaux sur le risque sismique, la tectonique et la physique des séismes. Il est aujourd'hui le coordinateur du projet européen d'infrastructures EPOS (European Plate Observing System) qui a commencé sa phase préparatoire le 1 novembre 2010 pour une durée de 4 ans.

Andrew Curtis est Professeur de mathématiques appliquées aux géosciences à l'Université d'Edinburgh, Royaume-Uni. Il a un parcours scientifique à la fois dans l'industrie et dans le monde académique. Ses travaux portent sur les séismes et l'exploration sismologique et pour lesquels il a développé de nouvelles méthodes et applications pour l'interférométrie, l'imagerie et l'inversion sismique dans le cadre d'expertises et d'optimisation de conception d'ouvrages.

Ana Ferreira est Professeur Associé en géophysique à l'Université de East Anglia, Royaume-Uni, où elle est responsable d'un groupe de recherche en sismologie globale et régionale. Elle est spécialisée en tomographie sismique globale et en imagerie de la source sismique à partir de données sismiques et géodésiques. Elle est en charge du groupe de travail "Tomography and Geodynamics" du projet européen FP7 QUEST.

Stéphane Rondenay est Professeur de sismologie à l'Université de Bergen, Norvège. Le but principal de sa recherche est de mieux comprendre les structures de sub-surface et leurs processus associés. Il s'intéresse au développement d'approches novatrices en imagerie sismique ainsi qu'à l'implémentation et l'application de ces approches (ainsi que celles déjà existantes) à des jeux de données de grande qualité dans le domaine de la Terre

solide et l'exploration. Il a été responsable de plusieurs déploiements à grande échelle de stations sismiques portables large-bande en Amérique du Nord et en Europe.

Maya Tolstoy est Professeur Associé au Lamont-Doherty Earth Observatory de l'Université de Columbia, USA. Elle est sismologue, spécialiste des rides médio-océaniques et de la sismologie fond de mer. Elle a participé à 30 campagnes océanographiques dont 17 en tant que chef ou co-chef de mission et est actuellement co-responsable du pool national américain d'OBS (OBSIP), basé au Lamont. Elle est également membre de l'équipe "Cascadia Initiative Expedition", en charge de la mise en place de la partie marine du projet Cascadia Community Experiment.

Tonie van Dam est Professeur Associé à l'unité de recherche en sciences de l'ingénieur de l'Université du Luxembourg. Elle est géophysicienne et s'intéresse à l'utilisation des techniques de géodésie, des séries temporelles de coordonnées GPS, des trajets multiples GPS, des variations temporelles de la gravité, des mesures de gravité terrestres, de l'InSAR et de l'altimétrie pour étudier les effets environnementaux du réchauffement climatique ainsi que pour comprendre les déplacements en surface et les changements de gravité résultant de la géodynamique. Tonie contribue également à l'amélioration des observations géodésiques en modélisant les effets dus aux signaux environnementaux.

Portrait

Helle Pedersen, Directrice du Consortium RESIF

Helle Pedersen a suivi des études à l'Université de Århus (Danemark) et à l'EOST (Strasbourg).

Elle est titulaire d'un Doctorat en sismologie de l'Université Joseph Fourier (Grenoble).

Physicienne CNAP, rattachée pour ses recherches à ISTerre (Grenoble), elle se spécialise dans

l'imagerie de la lithosphère avec un intérêt particulier pour la création et l'évolution des continents anciens et pour les développements méthodologiques associés au traitement du signal. Depuis 2008, elle coordonne RESIF dont elle est la Directrice depuis février 2012.



ÉQUIPE DE RÉDACTION : Pascale DAYNES (ISTERRE), Lydie GUILLEROT (CNRS-INSU), Tony MONFRET, membre du Bureau de RESIF, Helle PEDERSEN, Directrice de RESIF et René CRUSEM, Président du Comité Directeur de RESIF.
Adresse courriel : comm@resif.fr

Inscription à la Newsletter RESIF : <http://www.resif.fr/newsletter.php>



Edito par René Crusem, Tony Monfret et Helle Pedersen.

La Newsletter RESIF fait peau neuve et se présente sous un nouveau format comme l'été qui s'installe avec son lot de soleil et de vacances pour la grande majorité d'entre vous.

Les Rencontres Scientifique et Technique RESIF auront lieu cette année à Yenne, en Savoie, du 14 au 16 octobre 2013. Une centaine de participants sont attendus pour prendre connaissance et échanger leurs résultats scientifiques et leurs développements/veilles technologiques dans les domaines de la sismologie, la géodésie et la gravimétrie. Ces rencontres seront l'occasion de mieux faire connaître et de découvrir pour certains le travail effectué ou à réaliser par la grande majorité des acteurs du projet RESIF. Nous comptons sur ces trois journées pour amorcer de véritables échanges entre participants, et initier des synergies nouvelles entre les disciplines géophysiques représentées, dans un but de générer des projets inter disciplinaires. Les modalités d'inscription sont indiquées en page 8.

Dans ce numéro, vous trouverez un article sur l'état d'avancement du volet « Construction Large Bande RESIF » et des retombées scientifiques attendues (pages 2-4), ainsi qu'un aperçu sur le fonctionnement

du réseau GPS permanent français (RENAG) et ses collaborations nationales et internationales (pages 5-7).

Toute l'équipe de rédaction vous souhaite un joyeux été et vous donne rendez-vous à Yenne pour ceux qui y seront et pour tous les autres, dans la prochaine Newsletter RESIF du mois d'octobre 2013.

ACTUALITÉS

Octobre : - colloque RESIF, Yenne

Juillet : - réunion Comité Directeur RESIF

Juin : - réunions RESIF-SI et RESIF-CLB

Mai : - assemblée générale RENAG

Avril : - ouverture FDSN web services

- 1ère réunion Conseil Scientifique

- réunion scientifique et technique GMOB

Mars : - évaluation EPOS

- réunion Comité Directeur

PORTRAIT (P. 8)

Stéphane Mazzotti, responsable scientifique du Parc GPS Mobile

RESIF-CONSTRUCTION LARGE-BANDE

Par Jérôme Vergne et Olivier Charade

Motivations

L'observation des phénomènes sismologiques est au cœur de l'Infrastructure de Recherche RESIF. Historiquement, les équipes françaises ont souvent joué un rôle important dans le développement de réseaux sismologiques permanents. Le réseau international GEOSCOPE a, par exemple, été parmi les premiers à installer systématiquement des sismomètres à large bande passant sur chaque site instrumenté. Grâce à cette technologie, il est devenu possible, avec un unique instrument, d'enregistrer les phénomènes sismologiques dans une bande étendue de fréquences (du milli à la dizaine de Hertz) et pour une large gamme d'amplitude permettant d'étudier aussi bien le bruit sismique que les grands séismes.

Ce type de capteur est rapidement devenu la norme pour la majorité des réseaux vélocimétriques nationaux. Plusieurs pays européens (Suisse, Italie, Allemagne, ...) ont depuis longtemps fait le choix de cette technologie et ont, en parallèle, fortement densifiés leur réseau. L'émergence du numérique a permis de partager plus facilement les données de ces stations, aboutissant à la création d'un réseau virtuel large-bande d'échelle européenne (VEBSN)¹. En France métropolitaine, l'installation de stations large-bande permanentes est longtemps restée marginale. Ce retard a engendré une lacune dans le VEBSN, empêchant d'utiliser ce réseau européen de manière optimale. Suite à ce constat, l'INSU a créé en 2007 un service d'observation dédié au développement d'un réseau sismologique large-bande permanent en métropole, dénommé RLBP². Grâce à l'implication des équipes de huit OSU et du CEA-LDG, 42 stations de ce type sont aujourd'hui opérationnelles (contre 15 en 2007). Elles sont cependant encore très inégalement réparties (Figure 1) et relativement hétérogènes en terme d'instrumentation et de qualité du signal.

Dans le cadre de RESIF, il est prévu de densifier et d'homogénéiser ce réseau pour aboutir, d'ici 2020, à une véritable antenne sismologique composée de ~200 stations réparties sur tout le territoire (Figure 1). Cet objectif ambitieux permettra à la communauté scientifique de bénéficier d'un instrument de premier plan, équivalent à ceux déployés dans quelques zones sismiquement très actives de la planète (Californie, Japon, ...), mais relativement unique à l'échelle d'un pays dont la sismicité est qualifiée de faible à modérée.

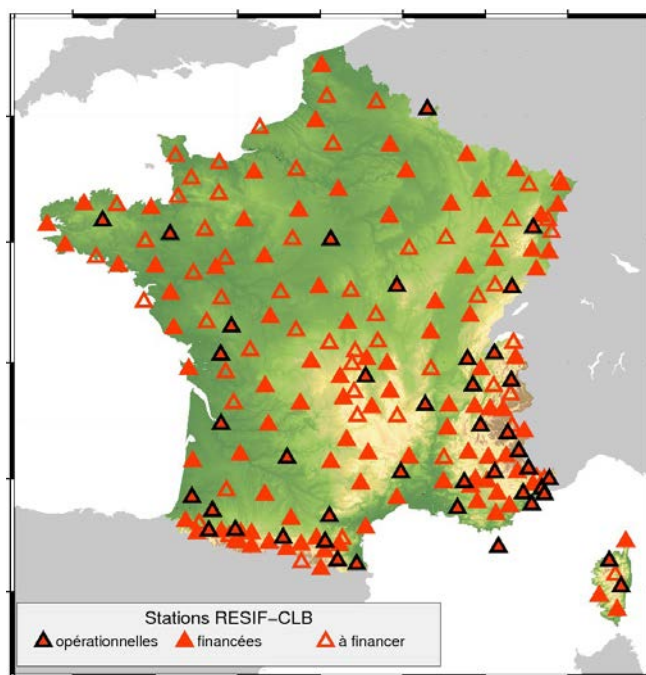


Figure 1 : localisation des stations large-bande permanentes actuelles et prévues dans le cadre du projet RESIF-CLB. Les triangles pleins indiquent les stations pour lesquelles le financement a déjà été obtenu.

Cette inflation du nombre de stations n'est pas une lubie de quelques sismologues envieux des moyens disponibles ailleurs. Elle est cruciale pour répondre à de nombreuses questions fondamentales concernant la structure interne et la dynamique de la Terre, en particulier sous la France, et pour la compréhension des séismes. En effet, plusieurs avancées récentes en sismologie ont été rendues possibles grâce à l'utilisation de réseaux très denses. C'est par exemple le cas des méthodes d'imagerie tomographiques basées sur la corrélation de bruit sismique dont la résolution ne dépend que de la densité et de la répartition des stations utilisées. Ces approches rendent possible l'imagerie de zones peu ou pas sismiques et permettent, en sus, l'étude des variations temporelles des propriétés du milieu. Les réseaux denses ont également permis de récemment mettre en évidence de nouveaux types de signaux sismiques, comme les trémors non volcaniques associés aux séismes lents, qui remettent en cause notre vision des séismes et des lois d'échelles associées.

A l'échelle de la France métropolitaine, le futur résea

large-bande permanent permettra d'imager les structures crustales et lithosphériques de manière complète et détaillée (Figure 2). Couplées aux autres approches géologiques et géophysiques, ces images permettront de mieux comprendre l'origine, la dynamique et les interactions des différentes provinces tectoniques particulièrement variées qui ont façonnées notre territoire (orogène varisque, rifting cénozoïque du Fossé Rhénan et de la Bresse, volcanisme du Massif Central, collision continentale dans les Alpes et les Pyrénées, ...). Pour préciser ces images à des échelles plus régionales, ce réseau permanent fournira la référence nécessaire lors du déploiement de réseaux temporaires plus denses³.

La France métropolitaine est également caractérisée par une sismicité très variée et finalement encore mal comprise. Les stations du RLBP remplaceront et/ou densifieront les stations courte-période du RéNaSS⁴, pour la plupart en fin de vie. Ainsi, nous disposerons d'une vision beaucoup plus complète et homogène de la sismicité métropolitaine. En abaissant la magnitude de complétude à moins de 2 sur l'ensemble du territoire et en améliorant significativement les localisations, il sera possible de bien mieux caractériser les failles actives et d'améliorer ainsi notre estimation de l'aléa sismique. En outre, l'utilisation de capteurs large-bande permettra d'étudier le mécanisme de tout séisme potentiellement ressenti, information indispensable à la mise en œuvre de shakemaps. D'autre part, l'accessibilité en temps réel des données du RLBP autorisera leur intégration dans les systèmes d'alerte aux séismes ou aux tsunamis

en Europe.

Enfin, la topologie du réseau permettra l'application des techniques d'analyse d'antenne, qui constituent une nouvelle manière d'aborder les signaux sismologiques. Ces approches sont particulièrement adaptées pour étudier de petites structures de la Terre profonde comme les diffracteurs dans le manteau inférieur ou la couche D'', ainsi que pour caractériser la rupture et la dynamique des grands tremblements de terre.

Mise en œuvre

La réalisation de cette antenne large-bande fait l'objet d'un volet de RESIF baptisé RESIF-CLB (Construction Large-Bande). La maîtrise d'œuvre est confiée à la Division Technique de l'INSU et l'installation des stations sera effectuée par huit OSU (EOST-Strasbourg, OSUG-Grenoble, OCA-Nice, OREME-Montpellier, OMP-Toulouse, OPGC-Clermont-Ferrand, OSUNA-Nantes, IPGP-Paris) ainsi que le CEA. Chacun de ces partenaires sera également responsable du fonctionnement et de la maintenance d'un ensemble de stations, une fois celles-ci livrées par le projet. Nous bénéficions également d'un soutien en personnel de l'Observatoire de Haute Provence (OHP).

Grâce aux financements d'ores et déjà obtenus dans le cadre de RESIF, en premier lieu desquels l'EquipEx RESIF-CORE (5 M€ dédiés au projet RESIF-CLB), ainsi que ceux mis à disposition par les partenaires, nous disposons

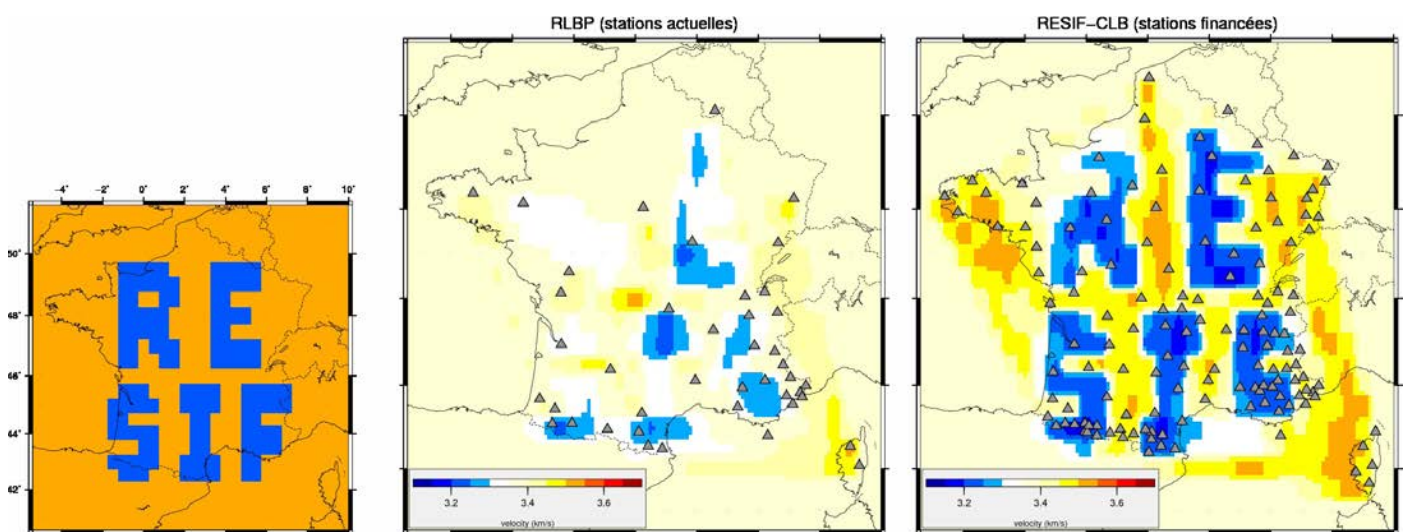


Figure 2 : test de résolution d'une tomographie basée sur la corrélation de bruit sismique à environ 70km de profondeur : motif recherché (gauche) ; résultat à partir de la géométrie actuelle du RLBP (milieu) ; résultat à partir de la géométrie envisagée dans le cadre de RESIF-CLB, en ne tenant compte que des stations pour lesquelles un financement est déjà acquis (droite).

aujourd'hui des moyens financiers pour installer une centaine de nouvelles stations d'ici fin 2018. Des financements supplémentaires restent à trouver pour finaliser l'objectif de 200 stations. La mise à niveau des stations large-bande existantes ainsi que les coûts de fonctionnements du réseau seront essentiellement financés via le soutien du CNRS/INSU aux Services Nationaux d'Observation.

Le projet RESIF-CLB a été mis en place en 2010. Il est aujourd'hui en fin de phase de définition préliminaire et le passage en phase de réalisation, correspondant à l'installation effective des nouvelles stations, est prévu à partir de mi 2014. Un comité de revue indépendant est consulté à chaque étape majeure du projet. Le choix d'une organisation en « mode projet » est apparu nécessaire pour garantir sa faisabilité. La principale difficulté réside dans notre capacité à installer massivement de nouvelles stations, puis de garantir leur fonctionnement, sans évolution significative du personnel permanent dédié à ces tâches. A ce propos, l'implication des participants au projet et en particulier le personnel technique est jusqu'à présent remarquable et nous permet d'envisager relativement sereinement les phases suivantes.

Un des maîtres mots de ce projet est l'homogénéité. En effet, pour garantir aux utilisateurs un réseau performant et adapté aux objectifs, ainsi que pour maintenir une charge financière et humaine gérable, il est nécessaire d'harmoniser au maximum les stations qui seront bâties. Cela concerne d'une part l'instrumentation qui sera déployée à chaque station mais également les infrastructures d'accueil des appareils, les modalités de transmissions de données ou le niveau de bruit sismique. L'objectif n'est pas que chaque station soit purement identique mais que le réseau final forme un tout cohérent. En cela, la phase préparatoire actuelle est cruciale. Aujourd'hui nos activités se concentrent principalement sur deux aspects :

- La recherche et le test des sites des futures stations : Chaque partenaire est en charge de trouver, dans sa région d'action, les meilleurs sites potentiels qui répondent à un ensemble de contraintes techniques imposées par le projet. En outre, chaque site envisagé fait systématiquement l'objet de mesures de bruit sismique pour appréhender sa qualité une fois construit. La décision de retenir un site est prise après concertation de l'ensemble des partenaires.
- La réalisation de prototypes : Il s'agit notamment de définir une infrastructure d'accueil type permettant d'envisager une réalisation « en série » des stations qui ne pourront pas être installées dans des abris naturels (grottes, tunnels, ...). Plusieurs types de puits sismiques ont été

bâties sur une zone de test située au nord de Chartres (Figure 3). Nous recherchons la structure qui permet de minimiser le niveau de bruit sismique tout en assurant une bonne protection et accessibilité des instruments installés. D'autre part, nous testons la mise en œuvre d'armoires de supervision basées sur des automates programmables industriels et différents capteurs d'état, qui permettent de suivre le fonctionnement des nombreux équipements installés sur chaque site. Ce système permet également d'intervenir à distance sur ces équipements, manuellement ou automatiquement, évitant ainsi au personnel une partie des déplacements sur place. Un tel prototype, construit à l'OHP, est actuellement en test à une station large-bande située dans le Jura (CHMF).



Figure 3 : installation de l'un des prototypes de puits sismique sur le site de Clévilliers (Eure et Loir) en novembre 2012. Source : RESIF.

Enfin, nous portons une attention particulière au fait qu'une partie des futures stations du projet RESIF-CLB puissent héberger d'autres types d'instruments géophysiques : accéléromètre, GPS, capteurs infrasons, mesures environnementales, etc. pour répondre au besoin émergeant des chercheurs de disposer de sites multi-paramètres permettant une approche intégrée de la mesure des déformations.

- (1) Virtual European Broadband Seismology Network
- (2) Réseau Large Bande Permanent
- (3) Voir par exemple le projet, en cours, Pyrope d'imagerie de la zone pyrénéenne ou le futur projet AlpArray dans les Alpes
- (4) Réseau National de Surveillance Sismique

Contacts :
 Jérôme Vergne, jerome.vergne@eost.u-strasbg.fr
 Olivier Charade, charade@dt.insu.cnrs.fr

RENAG : LE RÉSEAU NATIONAL GPS

Par Andrea Walpersdorf et Jean-Mathieu Nocquet

Introduction

RENAG est le réseau national GPS permanent des laboratoires français à vocation scientifique. Il est une composante de RESIF, ainsi que du Service d'Observation de l'INSU «Géodésie-Gravimétrie». Les stations du réseau RENAG enregistrent en continu les signaux provenant des satellites GPS, permettant non seulement de quantifier les déformations tectoniques, mais aussi de mesurer certains paramètres environnementaux, de mesurer les variations du niveau des mers dans un repère global et de sonder l'atmosphère.

La structuration du réseau

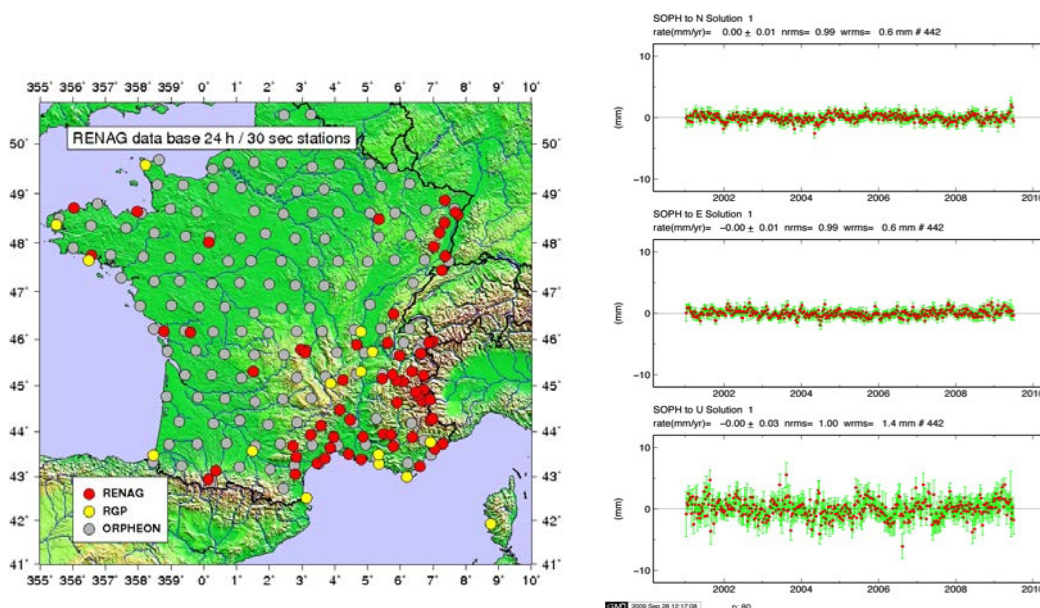
RENAG repose sur la contribution volontaire d'une vingtaine de laboratoires français, ainsi que des contributions de l'Institut de Radio-Protection et Sécurité Nucléaire (IRSN), ainsi que du CEA et du CNES. Il implique une trentaine de chercheurs et ingénieurs.

- Le réseau d'observation
Les laboratoires et instituts du RENAG sont en charge de l'installation et de la maintenance des stations.

Aujourd'hui, environ 65 stations sont directement gérées par les laboratoires du RENAG (Figure 1). Ces stations échantillonnent les zones tectoniquement actives du territoire métropolitain : les Alpes, le fossé rhénan, et dans une moindre mesure, les Pyrénées. En dehors de ces zones, certaines stations sont co-localisées avec des marégraphes et participent au Système d'Observation du Niveau des Eaux Littorales (SONEL, <http://www.sonel.fr>). Enfin, d'autres stations permettent d'étudier la déformation du sol liée aux effets hydrologiques. Les stations du réseau enregistrent les observations avec un pas d'échantillonnage de 30s et transmettent leurs données quotidiennement. Certaines stations, bénéficiant d'une bonne transmission, enregistrent avec une fréquence de 1Hz et transmettent leurs données sous forme de fichiers horaires.

- Les partenariats
Aujourd'hui, les besoins croissants de positionnement précis en temps réel ont favorisé le développement de nombreux réseaux GPS permanents, dont les données sont potentiellement intéressantes pour les applications scientifiques. Le Réseau GPS Permanent (RGP, <http://rgp.ign.fr>) géré par l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), comporte 352 stations, fédérant plusieurs réseaux GPS de sociétés et

Figure 1 : cartes des stations GPS permanentes disponibles sur la base de données RENAG (<ftp://renag.unice.fr>). Série temporelle résiduelle (pente et termes saisonniers retirés) de la station SOPH (Sophia-Antipolis).



privées, des services topographiques des collectivités territoriales et d'autres partenaires institutionnels. Le CNRS et l'IGN sont partenaires, et dans ce cadre, échangent données et expertise. Par ailleurs, le CNRS-INSU a signé un partenariat avec la société privée Geodata. Le centre de données RENAG archive et diffuse avec un délai de 2 semaines les données d'environ 160 stations issues du réseau ORPHEON (<http://reseau-orpheon.fr>) (Figure 1).

- La base de données et le traitement régulier des données

Le centre de données RENAG géré à l'Observatoire de la Côte d'Azur/Géoazur (OCA) assure les fonctions de supervision du flux de données, de contrôle qualité, de suivi des méta-données, de diffusion et d'archivage. L'ensemble des données représente un volume d'environ 3 To sur l'année 2012. Les données du RENAG sont analysées en routine pour produire les séries temporelles de positions (Figure 1).

Les applications scientifiques

A l'origine dédié à l'étude de la déformation tectonique dans les Alpes occidentales, le réseau RENAG s'est ensuite étendu à d'autres applications (Figure 2). De par la pérennité de ses stations, le RENAG est essentiel pour fournir des mesures troposphériques permettant de contraindre des modèles météorologiques et climatologiques. Ainsi, les mesures issues des stations RENAG contribuent à des projets comme l'ACI CYPRIM (<http://www.cnrn.meteo.fr/cyprim>), le service d'observation INSU OHM-CV (<http://www.ohmcv.fr>) et le projet Méditerranéen HyMeX (<http://www.hymex.org>). Des observations longues sont également nécessaires pour une mesure précise du mouvement vertical à proximité des marégraphes, afin de pouvoir distinguer entre les faibles tendances d'une montée du niveau des mers et d'une déformation crustale verticale (<http://www.sonel.fr>). Les effets hydrologiques affectent la plupart des stations et limitent ainsi la précision de la mesure du signal tectonique. Pour mieux comprendre ces mécanismes, des sites multi-instrumentaux sont nécessaires et soutenus par le RENAG.

Mesurer la faible déformation tectonique en France

Aujourd'hui, le premier ordre de la cinématique de la frontière de plaque séparant l'Afrique (plaque Nubie) de l'Europe (plaque Eurasie) est bien connu. A la longitude de la France, nous savons que la Nubie converge à environ 4-5 mm/an vers l'Europe et que la quasi-totalité de cette convergence est accommodée en Afrique du Nord. Nous savons aussi que le domaine Adriatique, entre la chaîne des Apennins en Italie, les Dinarides et les Alpes centrales est en rotation anti-horaire. Les vitesses horizontales attendues en France, imposées par les conditions cinématiques aux limites sont extrêmement faibles et ne dépassent pas 0.5 mm/an. Dans ce contexte, un objectif essentiel est d'assurer la continuité des observations sur de longues périodes pour être capable de mesurer des vitesses au niveau du dixième de millimètre par an. Récemment, les calculs du RENAG ont pourtant montré un résultat étonnant dans les Alpes. Alors que les vitesses horizontales sont négligeables, les Alpes se soulèvent avec des vitesses de surrection atteignant 2 mm/an (Figure 2). Si ce résultat est encore à affiner, il ouvre de nouvelles perspectives de compréhension de la dynamique actuelle de la chaîne alpine, des interactions entre la déformation active et les processus de surface (érosion, réponse aux déglaciations) et les processus profonds (interactions croûte-manteau). Ce résultat permet aussi d'explorer de nouvelles pistes pour mieux appréhender l'origine de la sismicité modérée de cette région.

La modernisation du RENAG

Ces prochaines années, RENAG sera amené à moderniser son infrastructure. La disponibilité de nouveaux signaux GPS, le développement de nouveaux systèmes de positionnement satellitaires (Global Navigation Satellite System, GNSS) comme Galileo nécessitent d'anticiper ces évolutions avec la rénovation du réseau de capteurs. Le passage systématique à un pas d'échantillonnage à plus haute fréquence (≥ 1 Hz) et des flux de transmission plus rapides pourront permettre l'émergence de nouvelles utilisations. L'Equipex RESIF-CORE (voir la lettre d'information RESIF N°2) contribuera à hauteur de 260 k€ pour permettre cette évolution. Enfin, dans le cadre du projet European Plate Observing System (<http://www.epos-eu.org>), une intégration de l'ensemble des réseaux GNSS à l'échelle Européenne est en cours. RENAG y contribuera activement.

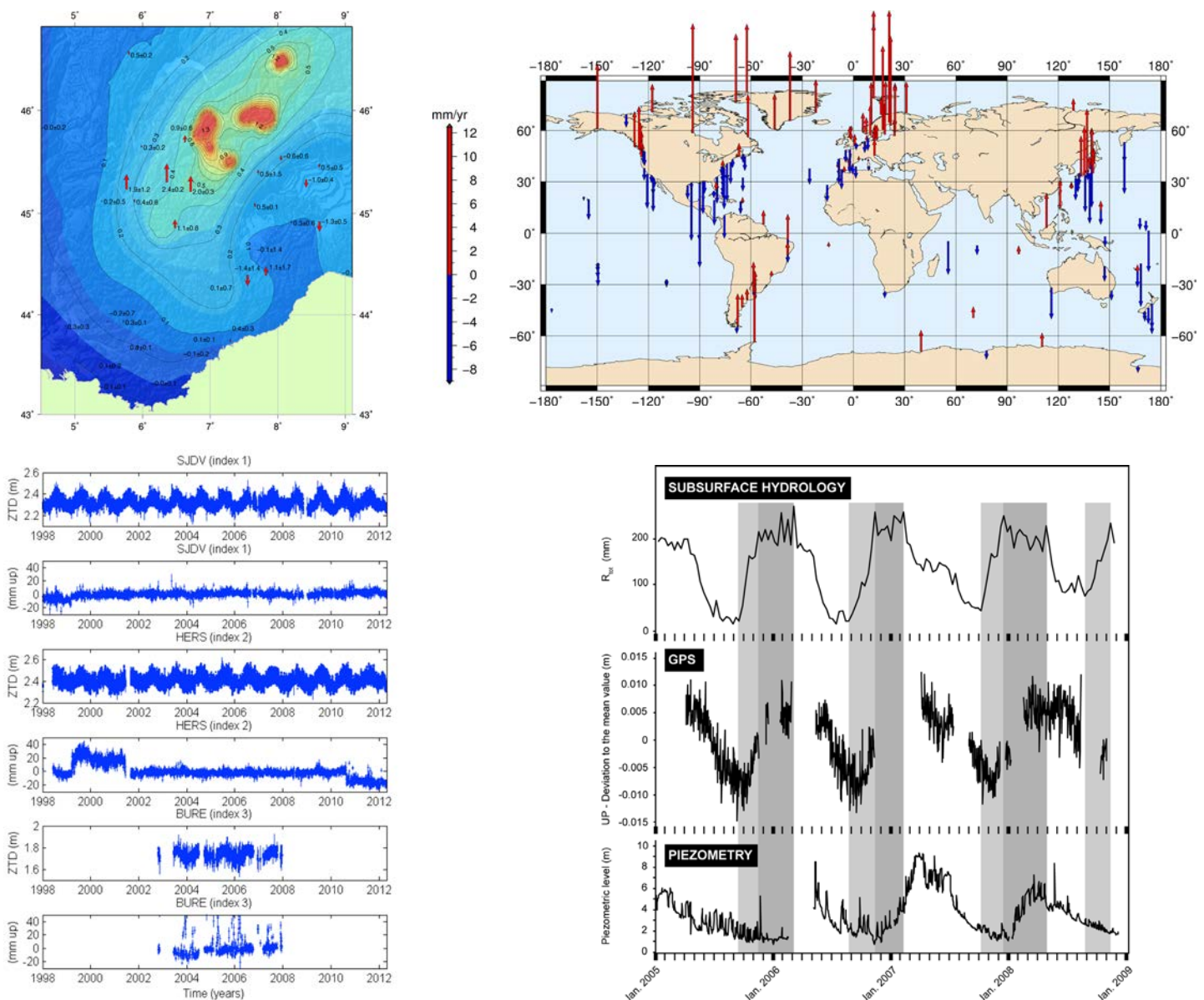


Figure 2 : applications scientifiques des données RENAG. Haut-gauche : vitesses verticales mesurées dans les Alpes occidentales (Nocquet et al., 2011) ; haut-droite : vitesses verticales globales aux sites colocalisés GPS/marégraphe (Santamaria-Gomez et al., 2012) ; bas-gauche : séries temporelles de retards zénithaux troposphériques pour la climatologie (Sguerso et al., 2013) ; bas-droite : étude des effets de l'hydrologie de sub-surface sur la déformation (Biessy et al., 2011).

Contacts :

Andrea Walpersdorf, andrea.walpersdorf@ujf-grenoble.fr

Jean-Mathieu Nocquet, nocquet@geoazur.unice.fr

Références

Biessy, G., F. Moreau, O. Dauteuil, and O. Bour (2011), Surface deformation of an intraplate area from GPS time series, *Journal of Geodynamics*, Volume 52, Issue 1, July 2011, Pages 24-33, doi:10.1016/j.jog.2010.11.005.

Nocquet, J.-M., A. Walpersdorf, F. Jouanne, F. Masson, J. Chéry, P. Vernant and the RENAG team (2011), Slow Deformation in the Western Alps from a Decade of Continuous GPS Measurements, EGU General Assembly, Vienna, 2011, and 3rd int. colloquium on Galileo Sciences, ESA, Copenhagen, 2011.

Santamaria-Gomez A., M-N. Bouin, G. Wöppelmann (2012), Improved GPS data analysis strategy for tide gauge benchmark monitoring, doi:10.1007/978-3-642-20338-1_2.

Sguerso, D., L. Labbouz, A. Walpersdorf (2013), 14 Years of GPS Tropospheric Delays in the French-Italian Border Region: A Data Base for Meteorological and Climatological Analyses, *Applied Geomatics*, special issue "The Role of Geomatics in Hydrogeological Risk", submitted.

Portrait

Stéphane Mazzotti est responsable scientifique du Parc GPS Mobile depuis 2012. Il a fait ses études à l'Université Paris-Sud Orsay et à l'École Normale Supérieure, Paris, dans le cadre du Magistère des Sciences de la Terre et d'un doctorat en géodynamique. Après plus de 10 ans comme chercheur scientifique à la Commission Géologique du Canada et professeur associé à l'Université de Victoria, il est depuis septembre 2011 professeur de géodésie et géophysique à Géosciences Montpellier (Université Montpellier 2). Sa recherche est principalement axée sur les développements et applications de la géodésie (GPS) à la géodynamique des orogènes et des domaines intraplaques.



Rencontres scientifiques RESIF du 14-16 octobre 2013, Yenne

Ces rencontres ont pour but de susciter des interactions mais aussi de nouvelles actions autour du projet RESIF. Elles seront l'occasion de présenter le bilan des activités scientifiques et techniques de RESIF, ainsi que les projets en cours et planifiés dans les domaines de la sismologie, de la géodésie et de la gravimétrie. Ces activités incluent l'observation permanente sur le territoire français mais aussi les travaux effectués par les équipes françaises à l'étranger. Les discussions seront structurées autour de grands thèmes, notamment :

- Structure de la Terre
- Déformation et séismes
- Fluides et ressources naturelles
- Traitement de données et problème inverse
- R&D en instrumentation géophysique
- Gestion et distribution des données

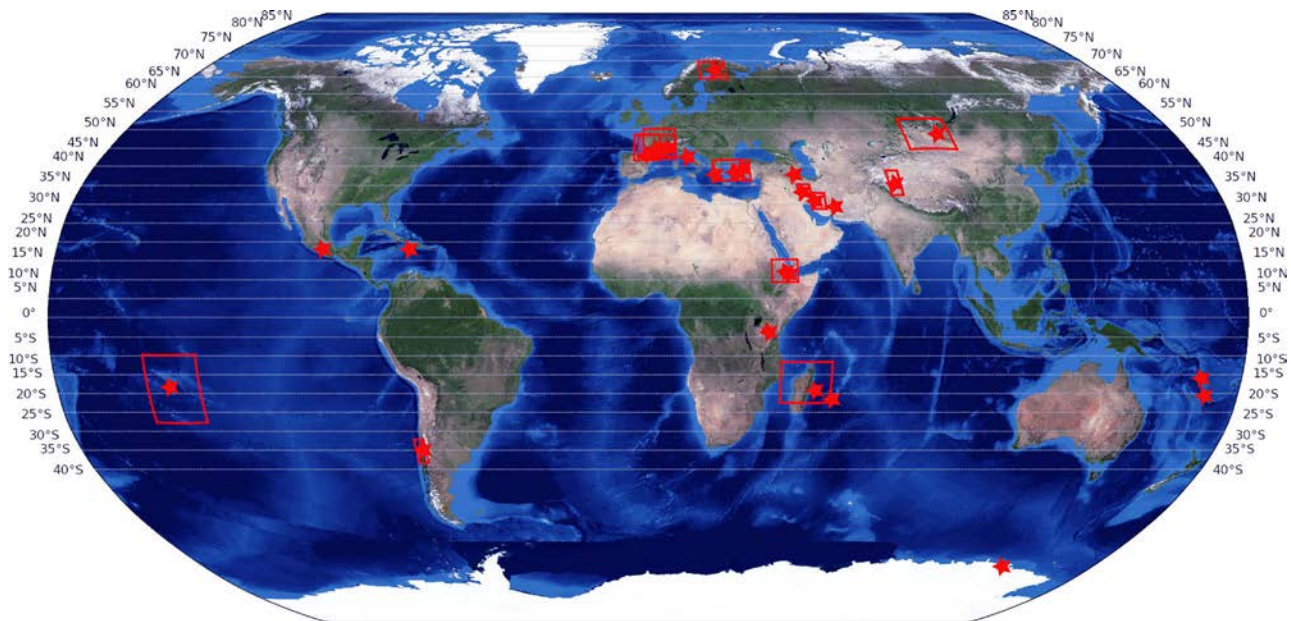
Ces journées ont également un caractère prospectif et permettront d'échanger et de réfléchir sur de nouvelles méthodes et approches qui permettraient de progresser sur les thèmes cités. Elles sont ouvertes à toute personne intéressée par les données RESIF, en particulier les étudiants en thèse, les ingénieurs et techniciens, les chercheurs de la communauté concernée.

L'inscription pour participer aux rencontres est obligatoire et se fait en ligne (<https://enquete.cnrs-dir.fr/index.php?sid=84826&newtest=Y&lang=fr>) dans la limite des places disponibles.

Équipe de rédaction : Pascale DAYNES (ISTERRE), Lydie GUILLEROT (CNRS-INSU), Tony MONFRET, membre du Bureau de RESIF, Helle PEDERSEN, Directrice de RESIF et René CRUSEM, Président du Comité Directeur de RESIF.

Adresse courriel : comm@resif.fr

Inscription à la Newsletter RESIF : <http://www.resif.fr/newsletter.php>



Edito par Jean Chéry, René Crusem, Tony Monfret et Helle Pedersen

Les Rencontres scientifique et technique RESIF se sont déroulées à Yenne du 14 au 16 octobre 2013. Elles ont pleinement favorisé la rencontre d'une partie de la communauté française des sismologues, géodésiens et gravimétriciens et également, les interactions entre chercheurs et ingénieurs à travers des discussions scientifiques et techniques.

Dans ce numéro, l'équipe en charge du parc SISmologique MOBILE RESIF (SISMOB-RESIF) nous fait un tour d'horizon de cette action spécifique de RESIF et les exemples de projets et résultats scientifiques nous démontrent l'intérêt de disposer d'instruments mobiles pour de nombreuses utilisations (voir p.1 à 7)

2014 sera une année aux challenges multiples pour le projet RESIF qui entrera dans une phase de réalisation avec l'acquisition et l'installation de nombreux instruments notamment grâce aux financements RESIF-CORE (EquipEx). En complément des tests, de nouveaux types d'instruments seront finalisés, un nouveau portail d'accès aux données sismologiques sera développé et de nouveaux outils de distribution de données GNSS seront installés.

Notre prochain numéro étant programmé pour l'année prochaine, toute l'équipe de rédaction vous souhaite une très bonne fin d'année 2013 et continuera de vous informer au mieux, tout au long de 2014, du déroulement du projet RESIF-CORE et des résultats scientifiques importants issus de l'infrastructure RESIF. A l'année prochaine !

ACTUALITÉS

- Décembre :** - assises nationales des risques naturels
- Novembre :** - 3ème Conférence Régionale 'EPOS
- colloque Géodésie et Géophysique (G2)
- Octobre :** - séminaire RESIF
- Septembre :** - réunion EPOS avec les représentants gouvernementaux de 18 pays européens

PORTRAIT (P. 8)

Jean Chéry, membre du Bureau RESIF

SISMOB

Par Glenn Cougoulat, Anne Paul et Catherine Péquegnat

SISMOB est le parc national d'instruments sismologiques mobiles terrestres. Il est donc l'antenne sismologique mobile de RESIF. Comme pour les autres parcs du même type, par exemple Seis-UK en Grande-Bretagne ou Pascal aux Etats-Unis, l'objectif de SISMOB est de permettre la collecte de données sismologiques sur des objectifs ciblés en l'absence d'observatoires permanents, ou, en complément de ces observatoires, en permettant une densification significative de l'échantillonnage spatial. Par essence, les expériences utilisant le matériel SISMOB sont temporaires et leur durée varie de quelques jours à deux ans.

Un peu d'histoire

Les sismologues des laboratoires français disposent de sismomètres mobiles depuis le début des années 90 et la création de LITHOSCOPE, pour l'imagerie de la lithosphère continentale, et du RAM (Réseau Accélérométrique Mobile) pour les études d'aléa sismique. A la fin des années 90, le besoin exprimé d'enregistrements à large-bande passante pour les études de structures comme de sources a mené à la création du RLBM (réseau large-bande mobile). Enfin, le parc IHR a été créé au début des années 2000 pour l'imagerie haute-résolution des structures à risque (failles, volcans, mouvements de terrain, etc.). C'est en 2006 que les quatre parcs ont été fédérés dans SISMOB, avec pour objectifs essentiels une meilleure lisibilité et une rationalisation du fonctionnement. Cette réunification avait aussi pour ambition de faciliter la modernisation du parc et son extension pour permettre aux sismologues français d'être des partenaires crédibles dans de futurs projets européens ou internationaux. Le développement de Sismob a naturellement été intégré au projet RESIF dès son émergence. Puis SISMOB est devenu l'antenne sismologique mobile de RESIF en 2010.

Objectifs scientifiques et évolutions

Les objectifs scientifiques de SISMOB sont ceux des expériences qui utilisent son matériel. Ainsi, nous veillons à ce que la dynamique des numériseurs, la bande passante des capteurs, le nombre de voies des enregistreurs ou l'autonomie des stations couvrent au mieux les besoins des divers domaines d'application de la sismologie expérimentale.



Figure 1. Capteur d'une station SISMOB en Terre Adélie (expérience Arlita-sis ; photo J. Bascou, LMV)

Les domaines les plus classiques d'utilisation des instruments de SISMOB sont les études d'imagerie de la structure de la lithosphère (ex. : Afar, Pyrénées, Anatolie, point chaud de La Réunion), de la structure d'édifices volcaniques (ex. : Soufrière de Guadeloupe, Piton de la Fournaise, Merapi), et les études d'aléa sismique (ex. : Liban). Dans ces domaines, les évolutions observées vont toutes dans le sens d'un accroissement de la résolution spatiale passant par une augmentation du nombre de points de mesure. Au-delà de l'acquisition de nouveaux instruments pour s'adapter à la demande (dans la mesure où les budgets le permettent), nous travaillons à la mise en place de solutions de télémetrie par modems 3G permettant de transmettre les données (ou l'état de santé du numériseur en l'absence de connexion rapide) et d'éviter de coûteuses interventions sur le terrain.

SISMOB a permis une participation significative des équipes françaises sur deux interventions post-sismiques, L'Aquila (2009, Italie) et Maule (2010, Chili). Les interventions post-sismiques posent toutefois un problème particulier de disponibilité du matériel dans la mesure où seulement 5 stations SISMOB sont dédiées aux interventions en France et restent sur étagères. Les interventions de L'Aquila et Maule ont profité de disponibilités dans le planning SISMOB, ce qui n'a pas été le cas pour le séisme d'Emilie-Romagne de mai 2012.

	Marque/type	Nombre
142 numériseurs	Nanometrics Taurus	119
	Agecodagis Kephren-9c	13
	Agecodagis Kephren-6c	10
307 vélocimètres	Streckheisen STS-2 (120s)	36
	Güralp CMG3ESPC (60s)	2
	Güralp CMG40T (60s)	88
	Lennartz Le3D5s (5s)	22
	Agecodagis NoeMax (5s)	8
	IHR-3C (2 Hz)	17
20 accéléromètres	IHR-1C (2Hz)	134
	Güralp CMG5T	20

Tableau 1 : liste des instruments opérationnels SISMOB

Les dernières années ont vu émerger un nouveau type d'expériences visant à étudier la dynamique de processus évolutifs à l'échelle de quelques mois ou années. On peut citer l'étude des relations spatiales et temporelles entre séismes lents et tremors non-volcaniques sur la zone de subduction du Mexique, celle des variations temporelles de vitesses sismiques précurseurs d'éruptions volcaniques (Piton de la Fournaise) ou du déclenchement de certains glissements de terrain. La durée des expériences s'allonge au delà de 2 ans lorsque le temps de retour des phénomènes observés l'impose.

Instruments et fonctionnement

SISMOB est à ce jour équipé de 142 numériseurs et plus de 300 capteurs, dont le détail est donné dans le tableau 1. Une vingtaine de stations large-bande (avec des capteurs 120s) devraient compléter le parc au printemps 2014 grâce à un financement RESIF-CORE.

La gestion du parc est confiée par l'INSU-CNRS à l'Institut des Sciences de la Terre (ISTerre, Grenoble). Le volet opérationnel de cette gestion est placé sous la responsabilité technique de G. Cougoulat (IR CNRS) et est assuré par S. Roussel (AI CNRS). On voit que la mutualisation et la rationalisation voulues à la création de SISMOB ont été poussées au maximum puisque le personnel technique dédié est passé de 2,6 ETP (Equivalent Temps Plein) en 2008 à 1,1 ETP aujourd'hui. C'est d'ailleurs une limite inférieure absolue en deçà de laquelle SISMOB ne pourra plus fonctionner.

Le fonctionnement de SISMOB est régi par une charte décrivant les droits et devoirs du laboratoire gestionnaire du parc et des utilisateurs du matériel. Les projets utilisateurs participent au financement du fonctionnement et de la jouvence du matériel via le paiement d'un ticket modérateur de 70€ par mois et par station. La plupart des expériences utilisatrices des matériels SISMOB sont aujourd'hui financées par l'ANR.

Un conseil scientifique de 12 membres représentant les laboratoires utilisateurs se réunit une fois par an pour conseiller les responsables sur le fonctionnement et les évolutions du parc.

Bases de données SISMOB-RESIF

La sauvegarde et la distribution des données acquises par les projets utilisateurs sont aussi des missions importantes de SISMOB. La mise en forme des données et métadonnées est assurée par le nœud A SISMOB du système d'information (SI-RESIF), alors que sauvegarde et distribution sont assurées par le nœud B RESIF, comme pour les réseaux sismologiques permanents de RESIF. L'équipe du centre de données de l'ISTerre, C. Péquegnat (IR CNRS, ISTerre), D. Wolyniec (IE CNRS, OSUG) et P. Volcke (IR CNRS, ISTerre), assurent le fonctionnement du nœud A SISMOB pour 0,55 ETP.

Conformément à la charte SISMOB, les responsables des expériences transmettent aux ingénieurs du nœud A SISMOB les données continues ainsi que toutes les infor-

mations nécessaires à la construction des métadonnées, notamment les informations de localisation. Les données brutes sont alors converties au format standard d'échange, archivées et transférées au nœud B RESIF pour distribution aux collaborateurs du projet sur instructions du responsable de l'expérience. Sauf exceptions (interventions post-sismiques), les données ne sont accessibles qu'aux membres de l'équipe de projet pendant les 3 années suivant la date de fin de l'expérience. Elles deviennent publiques après cette échéance.

Pour les campagnes utilisant des stations large-bande, le centre de données fournit au responsable un accès au serveur PQLX qui, par le calcul et l'affichage des densi-

tés spectrales de puissance du bruit, permet de contrôler la qualité des enregistrements et des réponses instrumentales.

Les enregistrements issus des expériences temporaires SISMOB représentent aujourd'hui 7,8 To et constituent une part majeure des données archivées et distribuées par le SI-RESIF.

Contacts :

Site Web Sismob : <http://sismob.obs.ujf-grenoble.fr/>

Anne Paul : Anne.Paul@ujf-grenoble.fr

Glenn Cougoulat : Glenn.Cougoulat@ujf-grenoble.fr

Catherine Péquegnat : Catherine.Pequegnat@ujf-grenoble.fr

Zoom sur un résultat marquant récent

Les données issues d'expériences utilisant les matériels de SISMOB font l'objet d'une vingtaine de publications par an dans des revues internationales à comité de lecture. L'un de ces résultats est mis en avant ci-après.

Poli et al. (2012) montrent que des ondes P réfléchies par le toit (410 km) et la base (660 km) de la zone de transition du manteau sont détectable à partir des corrélations de bruit ambiant enregistrées par l'expérience LAPNET-POLENET. Ce résultat ouvre la voie à une cartographie haute-résolution de la zone de transition du manteau même en l'absence de séismes.

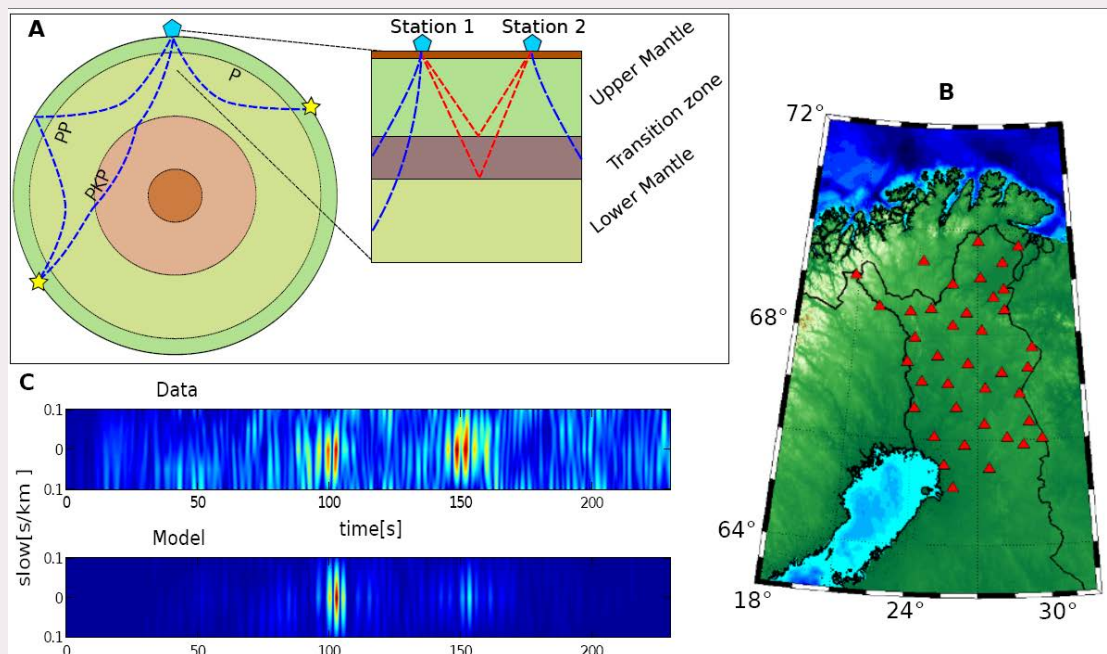


Figure 2. Ondes de volume réfléchies par la zone de transition du manteau sous la Finlande. A : modèle de Terre dans lequel du bruit généré par des sources océaniques (étoiles) se propage sous forme d'ondes de volume jusqu'aux stations sismiques (pentagones bleus). La corrélation du bruit enregistré au 2 stations permet en théorie de reconstruire l'intégralité du signal enregistré à la station 1 si une source émettait à la station 2, y compris les réflexions sur le toit et la base de la zone de transition du manteau (en traits pointillés rouges). B : Carte du réseau temporaire LAPNET-POLENET. C : Cartes lenteur-temps des corrélations de bruit (haut) et des sismogrammes synthétiques calculés dans le modèle de Terre AK135 (bas). Noter les arrivées d'énergie à 100 et 150s, comme prédit par le modèle AK135.

Référence : Poli, P., M. Campillo, H. Pedersen, and LAPNET Working Group. Body-wave imaging of Earth's mantle discontinuities from ambient seismic noise, *Science*, 338, 1063-1065, 2012

PYROPE

Par Sébastien Chevrot et Matthieu Sylvander

L'Expérience PYROPE : Un réseau sismologique large bande temporaire pour l'étude des structures lithosphériques sous les Pyrénées et le Golfe de Gascogne

Le projet PYROPE est un projet de sismologie financé par le programme ANR blanc, coordonné par l'IRAP (Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie) de Toulouse. Il associe ISTERre (Institut des Sciences de la Terre de Grenoble), LPGN (Laboratoire de Planétologie et de Géodynamique de Nantes), EOST (Ecole et Observatoire du Globe de Strasbourg), et Géosciences Montpellier. Ce projet a débuté en Septembre 2009 et a duré 48 mois.

Le coeur de ce projet était le déploiement d'un réseau temporaire de stations sismologiques à large bande passante du parc SISMOB (Figure 1). Ce déploiement a pris deux formes différentes :

- une nappe en deux dimensions répartie sur le sud-ouest du territoire français, du sud du massif Central à la frontière espagnole, et de l'océan Atlantique à la mer Méditerranée. A cette nappe 2-D a été associée une ligne littorale, déployée le long de l'Océan Atlantique, de l'estuaire de la Gironde au nord du Finistère.
- deux profils linéaires franco-espagnols, perpendiculaires à l'axe de la chaîne pyrénéenne ; un troisième profil sera déployé d'octobre 2013 à fin 2014.

Objectifs scientifiques

La convergence entre Ibérie et Europe, à l'origine de la formation des Pyrénées, s'est terminée à la fin de l'Oligocène, il y a près de 20 Ma. Pourtant cette chaîne est toujours active, comme en témoigne son activité sismique, l'une des plus élevées du territoire métropolitain. Si la dynamique actuelle de la chaîne est encore très mal comprise, sa structure interne l'est encore davantage, du fait de la faible densité de stations sismologiques large bande permanentes. Le principal objectif du projet PYROPE était ainsi de déployer un réseau temporaire de stations large bande dans le grand sud-ouest afin de collecter des données sismologiques de qualité. Couplée à l'IBERARRAY, une expérience jumelle déployée du côté espagnol, l'expérience PYROPE permettra d'imager les structures profondes sous cette région avec une résolution sans précédent. Les modèles tomographiques obtenus permettront une localisation plus précise des

séismes pyrénéens, et une meilleure caractérisation des failles actives. Ils donneront des contraintes importantes sur l'architecture crustale et lithosphérique actuelle, et à terme sur le raccourcissement lié aux phases compressives entre les plaques Ibérie et Europe, afin de préciser les modèles cinématiques de la plaque Ibérique au cours du Mésozoïque, qui est encore un sujet de débat.

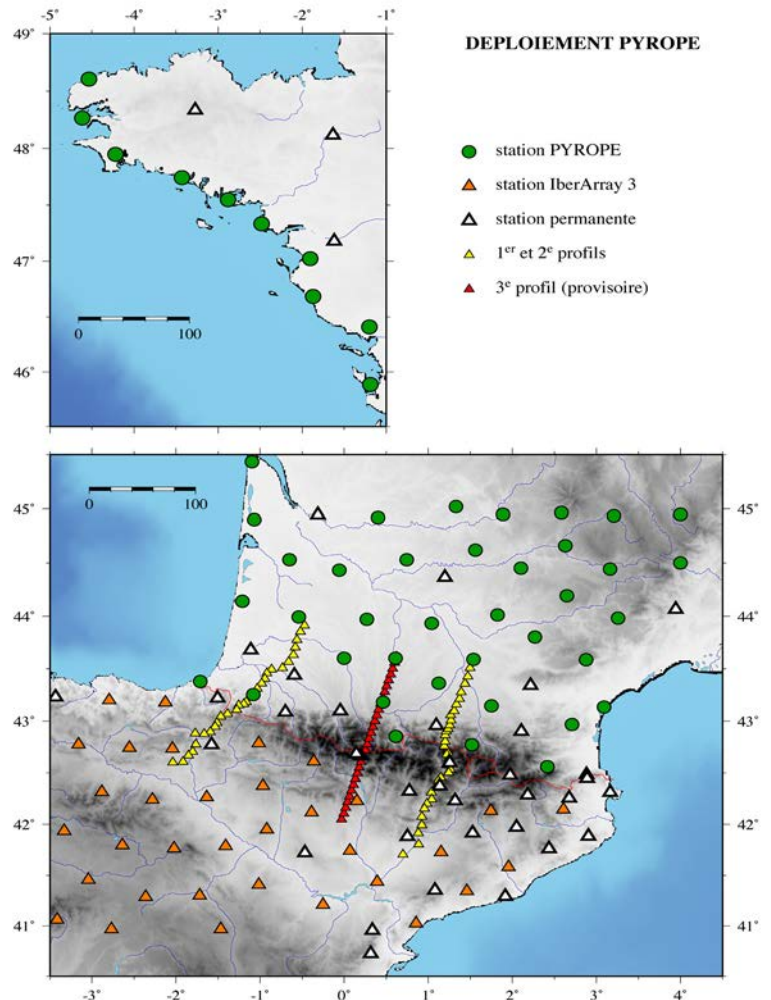


Figure 1. Carte des stations des expériences temporaires PYROPE et IBERARRAY (cercles verts et triangles oranges, respectivement) et des stations permanentes françaises (RLBP+RéNass) et espagnoles (triangles blancs)

Contacts :

Sébastien Chevrot, IRAP-OMP, sebastien.chevrot@irap.omp.eu

Matthieu Sylvander, IRAP-OMP, matthieu.sylvander@irap.omp.eu

LE BRUIT SISMIQUE POUR SURVEILLER ET PRÉVENIR LES GLISSEMENTS DE TERRAIN

Par Eric Larose

Les méthodes conventionnelles de prédictions et d'alertes des glissements de terrain sont délicates à mettre en place techniquement, et pas toujours fiables. Les événements sont en général repérés fortuitement, ce qui déclenche lorsque l'enjeu le nécessite une instrumentation de surveillance spécifique. Les technologies de surveillance, lorsqu'elles ne sont pas simplement visuelles, reposent en général sur la mesure de la déformation de la surface : GPS, extensomètres, etc.

Parce qu'elles sont naturellement sensibles aux propriétés mécaniques du sous-sol, et qu'elles sont représentatives de caractéristique du volume du matériau et non simplement de l'état de surface, les ondes sismiques sont une alternative intéressante aux techniques classiques utilisées actuellement. Le verrou technologique a longtemps été de disposer de sources sismiques reproductibles et opérables quotidiennement. Ce verrou a été en partie levé avec le développement des techniques d'imagerie et de surveillance à partir du bruit de fond sismique.

En 2010, nous avons décidé d'équiper un glissement de terrain qui se trouve à la sortie de la station de ski des Diablerets,

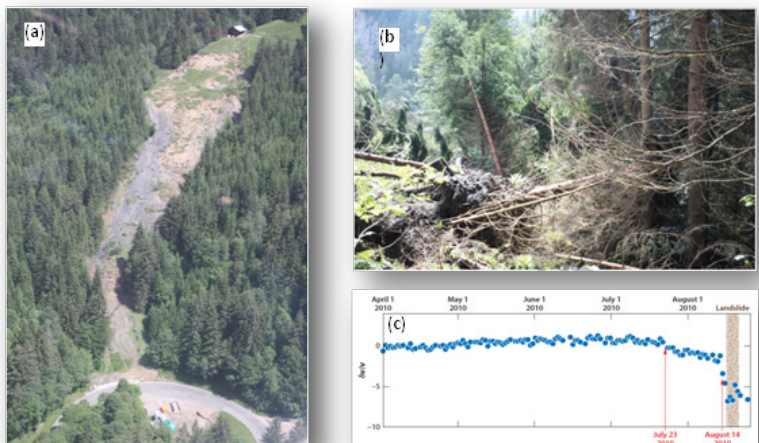
en Suisse, avec deux capteurs sismiques courte période placés de part et d'autre du glissement, et connectés à une même station d'acquisition (parc SISMOB). Ce glissement a l'avantage d'être très actif (un événement catastrophique tous les 3 à 4 ans), et d'être de taille très limitée (donc facile à instrumenter).

En effectuant la comparaison quotidienne des corrélations de bruit de fond entre les capteurs, et en se plaçant dans une bande de fréquence qui correspond à une profondeur de pénétration des ondes de surface de quelques mètres, il nous a été possible de surveiller l'évolution de la vitesse sismique du matériau argileux. Et nous avons observé une chute de vitesse (déconsolidation) significative plusieurs jours avant une phase d'accélération catastrophique du glissement. Ce signal sismique est donc un excellent candidat pour surveiller et prédire les glissements de terrain. Pour valider statistiquement cette méthode, le glissement est actuellement rééquipé d'une station et de 8 capteurs. D'autres glissements alpins sont aussi en cours d'équipement, et des études similaires sur certains sites de l'observatoire national OMIV ont démarré.

Figure 1. (a) Glissement de terrain à la sortie de la station des Diablerets, canton de Vaud, Suisse. (b) Catastrophe du 18-20 août 2010. (c) évolution de la vitesse des ondes sismiques à partir du bruit ambiant: une réduction significative, caractéristique d'une déconsolidation du matériau, est visible plusieurs jours avant la catastrophe.

Référence :

- G. Mainsant, E Larose, C Broennimann, C. Michoud and D. Jongmans J. Geophys. Res. 39, L19301, 2012

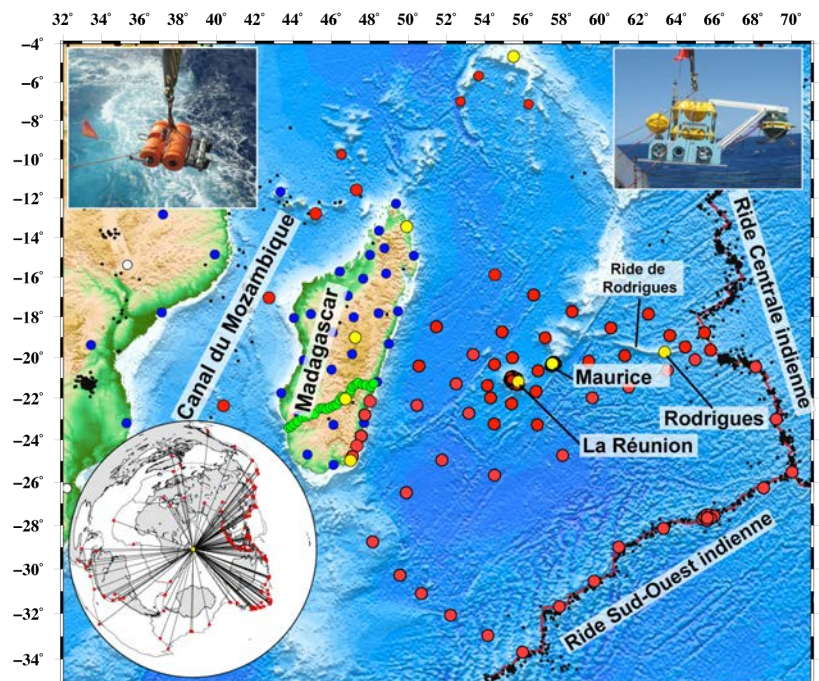


IMAGERIE DU MANTEAU SOUS LE POINT CHAUD DE LA RÉUNION - PROJET RHUM-RUM

par Guilhem Barruol et Karin Sigloch

Le projet RHUM-RUM (Réunion Hotspot and Upper Mantle – Réunion's Unterer Mantel) a pour objectif d'imager la structure du manteau sous La Réunion depuis la croûte jusqu'au noyau afin de déterminer la géométrie et l'origine du panache mantellique, ses possibles interactions avec la lithosphère ainsi que les mouvements de matière dans le manteau supérieur. Cette imagerie permettra d'étudier les relations de ce point chaud avec le super-panache sud africain, avec les points chauds voisins (Comores, Marion, Kerguelen, Amsterdam), et avec les rides centrales et sud-ouest indiennes.

RHUM-RUM (2012-2015) combine des observations sismologiques à terre et en mer sur une superficie de 2000x2000 km² centrée sur La Réunion. 57 stations de fond de mer allemandes (DEPAS) et françaises (INSU) ont été déployées en Oct. 2012 à l'aide du navire océanographique MARIION DUFRESNE et seront récupérées avec le navire allemand METEOR en Oct-Nov 2013. Les enregistrements de fond de mer sont complétés par les stations des réseaux permanents (Geoscope, IRIS, OVPE, Geofon) et par des déploiements de stations terrestres provenant de différents instituts : 16 stations du parc allemand DEPAS aux Seychelles et sur l'île Maurice, 1 station Geoscope à Rodrigues, 5 stations de l'AWI Bremerhaven sur les îles Éparses et 10 stations des Universités de Bonn, Muenster et Geociences Réunion sur La Réunion. Les 5 stations du parc SISMOB ont été déployées dans la région SE de Madagascar.

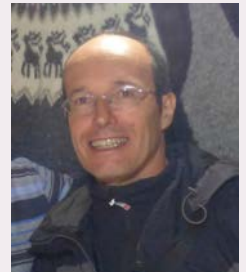


Equipes : France: IPG Paris, Géosciences Réunion, Obs. Volc. du Piton de la Fournaise, Géosciences Montpellier, Univ. Brest, FAST – Orsay, Géoazur, EOST Strasbourg.
 Allemagne : Universités de Munich, Franckfort, Kiel, Bremerhaven, Muenster, Bonn.
 Océan Indien : Mauritius Oceanography Institute, Antananarivo Univ., Madagascar.
 Soutiens : France : ANR, INSU, OSU-Réunion, IPEV, TAAF ; Allemagne : DFG.

Contacts : Guilhem Barruol : guilhem.barruol@univ-reunion.fr
 Karin Sigloch : sigloch@geophysik.uni-muenchen.de
<http://www.rhum-rum.net>

Portrait

Jean Chéry est membre du bureau RESIF en tant que responsable de la prospective scientifique. Il est actuellement directeur de recherche au CNRS au laboratoire Géosciences de l'Université de Montpellier. Il a été l'animateur du réseau GPS RENAG entre 2005 et 2009. Ses thèmes de recherche sont orientés autour de la modélisation numérique de la lithosphère et de l'activité des failles. Dans ce cadre il a co-développé le code numérique ADELI. Il s'intéresse également aux mesures géophysiques appliquées à l'hydrologie des domaines karstiques. Enfin, il utilise de nouvelles technologies de mesure optique afin de développer des capteurs de haute précision dans le domaine de la géodésie et de la gravimétrie.



Les rencontres scientifique et technique RESIF, Yenne 14-16 octobre 2013

Les Rencontres RESIF d'Octobre 2013 ont rassemblé 114 scientifiques, ingénieurs et techniciens de laboratoires français durant trois jours à Yenne, en Savoie. Ces rencontres ont été la première occasion de présenter le bilan des activités scientifiques et techniques de RESIF dans le domaine de la sismologie, de la géodésie et de la gravimétrie, de favoriser les interactions dans cette communauté et d'initier de nouvelles actions autour du projet RESIF. Une vingtaine de présentations orales et une session de posters ont permis de montrer des résultats scientifiques récents, en particulier grâce aux données et aux instruments RESIF. Des ateliers et des réunions techniques dans le domaine de la sismologie, de la gravimétrie et des bases de données ont donné lieu à de nombreux échanges entre participants. La session finale qui a clôturé les rencontres, a permis de faire le point sur les attentes de la communauté vis à vis de RESIF. En ce qui concerne les futures rencontres RESIF, une meilleure intégration des communautés travaillant sur les aspects opérationnels de l'aléa sismique a été évoquée. D'autre part, la participation plus active de tous les partenaires devra être recherchée. Les diverses propositions émanant de la communauté seront transmises au Comité Directeur et discutées par le conseil scientifique de RESIF. La participation de la communauté et l'intensité des échanges scientifiques et techniques ont fait de ces premières rencontres un succès.

Équipe de rédaction : Pascale DAYNES (ISTERRE), Lydie GUILLEROT (CNRS-INSU), Tony MONFRET, membre du Bureau de RESIF, Helle PEDERSEN, Directrice de RESIF et René CRUSEM, Président du Comité Directeur de RESIF.

Adresse courriel : comm@resif.fr

Inscription à la Newsletter RESIF : <http://www.resif.fr/newsletter.php>