



HAL
open science

Le LSBB et l'enjeu de l'interdisciplinarité

Stéphane Gaffet

► **To cite this version:**

Stéphane Gaffet. Le LSBB et l'enjeu de l'interdisciplinarité. Planète et Univers [physics]. Université Nice - Sophia-Antipolis, 2010. tel-03453166

HAL Id: tel-03453166

<https://hal.science/tel-03453166>

Submitted on 27 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

HDR

Stéphane GAFFET

Chargé de Recherche CNRS, section 18

UMR GEOAZUR

22 mars 2010

1^{ère} PARTIE
Curriculum vitae étendu

I.	FICHE RESUME – STEPHANE GAFFET	4
II.	MON PARCOURS	5
II.1.	ETAT CIVIL ET PROFESSIONNEL	5
II.2.	QUELQUES ETAPES ET JALONS DEPUIS MES DEBUTS	5
II.3.	MES RESPONSABILITES ADMINISTRATIVES ET SCIENTIFIQUES	6
II.4.	IMPLICATION DANS L'ENSEIGNEMENT ET LA DIFFUSION SCIENTIFIQUE	7
II.5.	ENCADREMENT DE STAGES MASTER ET THESE	7
II.6.	MA CONTRIBUTION À L'ORGANISATION DE COLLOQUES	8
III.	COMMUNICATION	9
III.1.	PUBLICATIONS	9
III.1.1.	<i>Publications avec comité de lecture</i>	9
III.1.2.	<i>Publications en cours</i>	11
III.1.3.	<i>Autres publications</i>	11
III.2.	CONFERENCES	12
III.2.1.	<i>Conférences internationales avec participation</i>	12
III.2.2.	<i>Colloques nationaux et européens avec participation</i>	15
III.2.3.	<i>Séminaires</i>	16
III.2.4.	<i>Conférences sans participation</i>	16

2^{ème} PARTIE
Evolution et objectifs de recherche

IV.	EVOLUTION DE MES TRAVAUX DE RECHERCHE	20
IV.1.	THEMATIQUES MAJEURES	20
IV.1.1.	<i>Simulation numérique de la propagation des ondes</i>	20
IV.1.2.	<i>Observation et caractérisation des ondes : Méthodologie des antennes</i>	22
IV.2.	IMPLICATIONS DANS LES PROGRAMMES SCIENTIFIQUES	25
IV.2.1.	<i>Coordination de programmes</i>	25
IV.2.2.	<i>Participation aux programmes</i>	29
V.	HORIZON 2020 : RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT	32
V.1.	RECHERCHE	32
V.1.1.	<i>Objectifs</i>	32
V.1.2.	<i>Processus de couplages</i>	32
V.1.3.	<i>Phénomènes induits</i>	33
V.2.	MON IMPLICATION DANS LE MANAGEMENT DE LA RECHERCHE	34
V.3.	ENSEIGNEMENT	35
VI.	HORIZON 2020 : LE LSBB ET L'ENJEU DE L'INTERDISCIPLINARITE	36
VI.1.	MON IMPLICATION DANS LA STRUCTURATION DU LSBB	36
VI.1.1.	<i>Un peu d'histoire</i>	36
VI.1.2.	<i>Une évolution nationale, européenne et internationale</i>	38
VI.2.	UNE IDENTITÉ SPECIFIQUE POUR LE LSBB	39
VI.2.1.	<i>Un laboratoire pluridisciplinaire</i>	39
VI.2.2.	<i>Un observatoire pluridisciplinaire</i>	39
VI.2.3.	<i>Une entité géologique privilégiée</i>	41
VI.2.4.	<i>Une infrastructure offrant des moyens d'essais</i>	41
VI.2.5.	<i>Un centre de formation</i>	43
VI.2.6.	<i>Un site fédérateur favorisant le partenariat</i>	43
	ANNEXE : PUBLICATIONS ASSOCIEES A L'ACTIVITE DU LSBB.....	45

1^{ère} PARTIE
Curriculum vitae étendu

Parcours	Recherche / Enseignement	Responsabilités	Thématiques scientifiques
<p>PERIODES</p> <p>1982-1985 : Ingénieur Géophysicien Institut de Physique du Globe – Université Louis Pasteur, Strasbourg</p> <p>1985-1986 : Service militaire CEA/LDG Polynésie</p> <p>1986-1987 : DEA LGIT/IRIGM Université Joseph Fourier, Grenoble</p> <p>1987-1990 : Thèse CEA/LDG Université Joseph Fourier, Grenoble</p> <p>1990 – 1992 : Ingénieur CEA</p> <p>DEPUIS</p> <p>1992 : Chargé de recherche section 11 jusqu'en 2003 puis section 18 CNRS</p> <p>2006 : Directeur du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB) de Rustrel Pays d'Apt (UNS/CNRS/OCA)</p>	<p>RECHERCHE :</p> <p>Modélisation de la propagation des ondes en milieu hétérogène 2D et 3D</p> <p>Développement expérimental de la technique des antennes sismologique pour l'identification des ondes diffractées</p> <p>Influence des hétérogénéités structurales et topographiques dans le contenu des ondes sismiques ; application à l'estimation des sources et aux effets de site topographiques</p> <p>ENSEIGNEMENT :</p> <p>1999-2000, 2000-2001 : Sismologie dans le DEA <i>Physique de la lithosphère</i> de l'école doctorale SFA de l'Université de Nice – Sophia-Antipolis 3h/an</p> <p>1999-2000, 2000-2001, 2004-2005 à 2007-2008 : Mathématique – Informatique en L2 30h/an à 60h/an</p> <p>Depuis 2006-2007 : Tutorat Master GEDD</p>	<p>PERIODES :</p> <p>1996-2003 : Responsable informatique, Institut de Géodynamique puis Géosciences Azur</p> <p>1994-1998 : Coordinateur des séminaires de l'Institut de Géodynamique</p> <p>2001-2007 : Responsable de l'équipe <i>Déformation, Rupture et Ondes</i> à Géosciences Azur</p> <p>2001-2007 : Membre nommé du Conseil de Laboratoire de Géosciences Azur</p> <p>2003-2005 : Membre nommé de la commission de spécialistes, commission 35-36 de l'Université de Nice – Sophia-Antipolis</p> <p>2004-2007 : Responsable du PPF <i>Magnéto-Hydro-Sismique</i></p> <p>DEPUIS</p> <p>2003 : Membre de la commission CP4 de l'IDRIS</p> <p>2006 : Direction du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB) de Rustrel Pays d'Apt (UNS/CNRS/OCA)</p> <p>2007 : Membre du Conseil Scientifique de l'ED.SFA</p> <p>2008 : Membre élu du Conseil de Laboratoire de Géosciences Azur</p> <p>2009 : Directeur Adjoint UMS Galilée de l'OCA</p>	<p>1984-1986 Du diplôme d'ingénieur au service militaire <i>Strasbourg → Paris → Papeete</i></p> <p>Développement et application de méthodes pour l'inversion de la phase Lg et pour l'estimation du facteur de qualité et des paramètres sources</p> <p>1987-1992 Du doctorat au CEA/LDG <i>Grenoble → Paris</i></p> <p>Développement de méthodes de simulation numérique 2D et 3D des mouvements du sol à distances locales et télésismiques en milieu hétérogène et applications à la quantification des énergies des essais nucléaires dans le cadre du CTBT</p> <p>1993-1998 Du CEA/LDG à l'Institut de Géodynamique <i>Paris → Sophia-Antipolis</i></p> <p>Développement expérimental et numérique des méthodes d'antennes sismologiques pour l'identification et la caractérisation du contenu de la coda des champs d'ondes sismiques régionaux</p> <p>Depuis 1999 De l'Institut de Géodynamique à Géosciences Azur et au LSBB <i>Sophia-Antipolis & Rustrel</i></p> <p>Développement de projets interdisciplinaires en association avec la création et le développement du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB) de Rustrel Pays d'Apt (UNS/CNRS/OCA)</p>

II. MON PARCOURS

II.1. ETAT CIVIL ET PROFESSIONNEL

Nom, prénom : **GAFFET Stéphane**

Date et lieu de naissance : Né le 7 avril 1961 à Raon l'Etape (88)

Nationalité : Français

Adresse personnelle : 35, chemin des lits militaires – Le Saint Georges C
06600 Antibes
Tél. : 04 93 74 03 43

Situation professionnelle : Chargé de Recherche CR1 CNRS

Adresse professionnelle : UMR Géosciences Azur 6526 – UNS/CNRS/OCA
250, rue Albert Einstein – Bât. 4
Sophia-Antipolis 06560 Valbonne.
Tél. : 04 92 94 26 30 – **Mél. :** gaffet@geoazur.unice.fr

Et aussi

Laboratoire Souterrain à Bas Bruit – UNS/CNRS/OCA
Observatoire de la Côte d'Azur
La Grande Combe
84400 Rustrel
Tél. : 04 90 04 99 00 – **Mél. :** lsbb@oca.eu

II.2. QUELQUES ETAPES ET JALONS DEPUIS MES DEBUTS

1982-1985 **Ingénieur Géophysicien¹**
Institut de Physique du Globe – Université Louis Pasteur, Strasbourg
Diplôme obtenu le 24 mai 1985 sur l'« *Application d'une méthode d'inversion à la phase Lg : estimation du facteur de qualité et des paramètres sources* » (Jury : M. Cara, M. Campillo, B. Massinon et J.-L. Plantet)

1985-1986 **Service militaire²**
CEA/LDG – Volontaire à l'Aide Technique au Laboratoire de sismologie de Pamataï, Polynésie Française.

1986-1987 **DEA**
LGIT/IRIGM – Université Joseph Fourier, Grenoble

1987-1990 **Thèse de doctorat mention Physique, spécialité Géophysique³**

¹ **1982-1985 :** J'ai effectué mon stage d'ingénieur au Laboratoire de Détection et de Géophysique (LDG) du CEA, encadré par Jean-Louis Plantet et Yves Cansi. J'ai développé une méthode d'inversion généralisée originale basée sur la décomposition de Lanczos (1961¹) pour la détermination des paramètres de source sismique et du facteur de qualité Q à partir de la phase Lg. Le travail a d'abord été mené sur des données synthétiques puis à partir des ondes Lg enregistrées par le réseau LDG pour des séismes régionaux. Les résultats ont permis de montrer sur les données synthétiques des phénomènes périodiques dans la propagation de la phase Lg. Les résultats obtenus pour les séismes réels, ont quant à eux permis de mettre en évidence une forme stable pour le facteur de qualité présentant une dépendance fréquentielle $Q_{Lg}(f) \sim Q_0 \times f^a$, avec $Q_0 \sim 300$ et $a \sim 0.5$.

² **1985-1986 :** Contribution à l'analyse des crises volcano-sismiques du volcan Mehetia (1981 à 1983), dans le cadre des recherches menées par Jacques Talandier, Directeur du Laboratoire et par Emile A. Okal – Permanences sur l'Atoll de Mururoa pour y assurer la surveillance et l'alerte sismique

³ **1987-1990 :** Une méthode de représentation des champs d'ondes sismiques dans les cas P, SV et SH est formulée en détail pour des milieux 2D dont la stratification est formée de couches latéralement irrégulières. Cette représentation est basée sur l'échantillonnage de l'espace des nombres d'ondes et sur la résolution des conditions aux limites des champs

CEA/DASE – Université Joseph Fourier, Grenoble

Diplôme obtenu le 25 juin 1990 sur la « *Simulation des mouvements du sol à distances locales et téléseismiques en milieu hétérogène – Méthodes et applications* » (Jury : M. Campillo, Président, P.-Y. Bard et B. Massinon, Rapporteurs, M. Bouchon, Directeur de thèse, F. Sánchez-Sesma et J. Virieux, Examineurs)

1990-1992	Ingénieur CEA Centre de Bruyères-le-Châtel
Depuis 1992	Chargé de recherche CR1 CNRS, section 11 jusqu'en 2003, section 18 depuis – Sophia-Antipolis
Depuis 2006	Directeur du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB) de Rustrel – Pays d'Apt, http://lsbb.oca.eu UNS/CNRS/OCA

II.3. MES RESPONSABILITES ADMINISTRATIVES ET SCIENTIFIQUES

1992-2003	Responsable informatique à l'Institut de Géodynamique puis à l'UMR Géosciences Azur.
1994-1998	Coordinateur des séminaires de l'Institut de Géodynamique.
Depuis 1994	Sollicitations pour évaluer des articles dans les revues à comité de lecture et participer aux jurys de thèses, en tant que rapporteur ou examinateur.
1995-1998	Membre élu du Conseil de Laboratoire de l'Institut de Géodynamique.
2003-2005	Membre nommé de la commission de spécialistes, commission 35-36 de l'Université de Nice – Sophia-Antipolis.
06/2001 – 09/2006	Responsable de l'équipe « Déformation, Rupture et Onde » de l'UMR « Géosciences Azur »,
06/2001 – 12/2007	Membre nommé du Conseil de Laboratoire de l'UMR « Géosciences Azur »,
01/2004 – 12/2006	Coordination de l'axe II du GIS CURARE « Estimation empirique et déterministe des mouvements forts du sol lors de séismes majeurs »,
01/2004 – 08/2006	Direction-adjointe du « Laboratoire Souterrain à Bas Bruit » (LSBB) de l'Université de Nice – Sophia-Antipolis,
01/2004 – 12/2007	Responsable du PPF « Magnéto-hydro-sismique » du LSBB, PPF porté par l'Université de Nice – Sophia-Antipolis,
03/2006-06/2006	Responsable de l'expérience Interimages, pour l'imagerie sismique du milieu environnant le LSBB (base du travail de thèse de Mlle Emeline Maufroy),

de contraintes et de déplacements aux différentes interfaces. Cette méthode est appliquée au calcul des mouvements du sol à des distances de quelques kilomètres de la source et à l'aide du théorème de réciprocité, à la simulation des ces mouvements pour des distances téléseismiques • L'influence des différentes structures géologiques (ex. topographies irrégulières, bassins sédimentaires) est mise en évidence sur les amplifications et les atténuations des déplacements du sol. Les effets produits sur les champs de déplacement sont analysés en fonction de la position de la source par rapport aux irrégularités du milieu de propagation. Les variations de ces effets sont également étudiées lorsqu'on change la forme des hétérogénéités • Sont étudiés à distances locales : un mécanisme de défocalisation de l'énergie sur une structure anticlinale, l'allongement de la durée des mouvements du sol par rétropropagation des champs d'ondes dans un bassin sédimentaire, l'influence de la raideur des reliefs et de la profondeur de la source sur les champs d'ondes diffractés par une explosion. A distances téléseismiques, une étude est menée qui précise l'incidence des structures hétérogènes se trouvant dans la région de la source sur l'estimation de la magnitude.

09/2006 – 12/2007	Direction du « Laboratoire Souterrain à Bas Bruit » (LSBB) dans le cadre du PPF « Magnéto-hydro-sismique » porté par l'Université de Nice – Sophia-Antipolis,
09/2007	Président commission recrutement technicien CNRS BAP C
06/2009	Membre de la commission de recrutement MCF, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse,
Depuis 09/2006	Membre de la commission CP4 IDRIS/CINES pour le calcul intensif,
Depuis 05/2007	Membre du Conseil Scientifique de l'Ecole Doctorale Sciences Fondamentales et Appliquées de l'Université de Nice – Sophia-Antipolis,
Depuis 01/2008	Membre du comité de direction du PPF ISSO, « Image et Signaux en Sciences de l'Observation »,
Depuis 01/2008	Membre élu du Conseil de Laboratoire de Géosciences Azur,
Depuis 01/2008	Directeur du « Laboratoire Souterrain à Bas Bruit » (LSBB) – Université de Nice – Sophia-Antipolis, CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur, financé dans le cadre quadriennal par le MESR et l'INSU,
Depuis 10/2009	Directeur adjoint de l'UMS Galilée 2202 OCA/CNRS.

II.4. IMPLICATION DANS L'ENSEIGNEMENT ET LA DIFFUSION SCIENTIFIQUE

Informatique	Analyse de problèmes et formalisation du raisonnement. Utilisation des langages Fortran et C pour la mise en œuvre pratique du raisonnement via la programmation et pour l'analyse critique des calculs vis-à-vis des processus numériques et du sens physique des résultats produits : cours au niveau L2 en 1999-2000, 2000-2001 et de 2004-2005 à 2007-2008, 30h/an à 60h/an
Fête de la science	Organisée annuellement au LSBB depuis 2002, avec présentations orales, discussions devant poster et réponses au public.
DVD	Présentation grand public du LSBB : son histoire militaire, sa reconversion en laboratoire et l'activité scientifique qui s'y développe (2005)
Film et reportage	E=M6 en 2004, 20H TF1 en 2008)
Pitch de la Science	contribution à la réalisation du diaporama « <i>De la guerre froide vers un laboratoire de recherche interdisciplinaire</i> » présenté par Christophe Sudre et Yves Guglielmi (2009)

II.5. ENCADREMENT DE STAGES MASTER ET THESE

Thèse	Florence TRESSOLS – 1993-1996 – Soutenue le 5 décembre 1996 <i>Co-encadrement avec A. Deschamps (DR CNRS)</i> Détermination de l'évolution temporelle des vecteurs d'onde pour la détection d'arrivées multiples : l'analyse temps – fréquence – vecteur d'onde
Thèse	Sylvette DURAND – 1993-1997 – Soutenue le 15 octobre 1997 <i>Co-encadrement avec J. Virieux (Professeur UNS)</i> Modélisation 3D de la diffraction des ondes sismiques par des topographies : Méthode d'échantillonnage de l'espace des nombres d'ondes et des équations intégrales aux frontières
Thèse	Pierre-Franck PISERCHIA – 1995-1998 – Soutenue le 4 mai 1998 <i>Co-encadrement avec J. Virieux (Professeur UNS) et J. Guilbert (Ingénieur CEA)</i>

Propagation et conversion des ondes T par simulation numérique hybride

Thèse Estelle SCHISSELE-REBEL – 1999-2002 – Soutenue le 12 novembre 2002
Co-encadrement avec J. Virieux (Professeur UNSA) et Y. Cansi (Ingénieur CEA)

Développement de méthodes pour l'analyse des données sismologiques acquises par des techniques d'antennes.

Thèse Emeline MAUFROY – 2006-xxxx – A soutenir
Co-encadrement avec A. Deschamps (DR CNRS)

Modélisation des effets de sites topographiques, applications au site du LSBB.

DEA Pierre-Franck PISERCHIA – 1994-1995

Master 2 Vincent ETIENNE – 2005-2006 « Dynamique des systèmes Géologiques et Aléas » (DSGA), Univ. Nice – Sophia-Antipolis.

Analyse en diffraction de la coda des ondes enregistrées pendant les expériences de renversement temporel entre galeries en 2004 et 2005

Master 2 Soazig SIMON – 2008-2009 « Dynamique des systèmes Géologiques et Aléas » DSGA Univ. Nice – Sophia-Antipolis

Couplage sismo-magnétique à partir des enregistrements conjoints de télé-séismes par l'antenne sismique et par le magnétomètre à SQUIDS basse Tc du LSBB. L'objectif étant de vérifier avec l'enregistrement de plusieurs séismes, la répétitivité de l'observation publiée en 2003 (Gaffet *et al.*, 2003).

Master 1 Clara CASTELLANOS – 2008-2009

Master Erasmus Mundus International d'ingénierie mathématique, INRIA

Détermination des fonctions de Green inter-stations à partir des données de bruit de fond acquises par l'antenne sismique large bande du LSBB

II.6. MA CONTRIBUTION A L'ORGANISATION DE COLLOQUES

- Organisation des journées « **Small and Medium Scale Underground Science** » (SMS-US) – Rustrel, 22-24 septembre 2004, 1^{ère} conférence *inter-Disciplinary Underground Science & Technology* (*i-DUST*)
- Organisation des journées « **Rencontre de Rustrel** » – Rustrel, 28-30 septembre 2005
- Co-organisation des journées « **Dispositifs supraconducteurs – Journées SUPRA** » – Rustrel, 4-6 avril 2006
- Organisation de la 2^{ème} conférence « *inter-Disciplinary Underground Science & Technology* » (*i-DUST*) – Rustrel, 2-4 avril 2008
- Accueil des visiteurs de la conférence « **EUROFLUX'2009** » – Avignon, 20-23 septembre 2009 ; conférence localisée en Avignon du fait de la proximité du LSBB et des activités supra au LSBB (Henry *et al.*, 2008 ; Waysand *et al.* 2009)

III. COMMUNICATION

III.1. PUBLICATIONS

III.1.1. *Publications avec comité de lecture*

- Yedlin M., A. Cresp, C. Pichot, I. Aliferis, J.-Y. Dauvignac, **S. Gaffet**, G. Sénéchal (2009) Ultra-Wideband Microwave Imaging of Heterogeneities – *J. Appl. Geophysics* 68, 17-25
- Marfaing J., J.-J. Bois, R. Blancon, E. Pozzo di Borgo, G. Waysand, **S. Gaffet**, M. Yedlin, P. Barroy, M. Auguste, D. Boyer, and A. Cavaillou (2009) About the world wide magnetic background noise in the millihertz frequency range – *Euro Phys. Letters* 88, 10.1209/0295-5075/88/19002
- Waysand G., P. Barroy, R. Blancon, **S. Gaffet**, C. Guilpin, J. Marfaing, E. Pozzo di Borgo, M. Pyée, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou (2009) Seismo-Ionosphere Detection by Underground SQUID in Low-Noise Environment in LSBB – Rustrel, France – *European Physics Journal of Applied Physics* 47-1, 12705, DOI: 10.1051/epjap:2008186
- Bordes C., L. Jouniaux, S. Garambois, M. Dietrich, J.-P. Pozzi, and **S. Gaffet** (2008) Evidence of the theoretically predicted seismo-magnetic conversion – *Geophys. J. Int. Geomagnetism, rock magnetism and palaeomagnetism*, doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.03828.x, 174, 489-504
- Amitrano D., **S. Gaffet**, J.-P. Malet, and O. Maquaire (2007) Understanding mudslides through micro-seismic monitoring: The Super-Sauze (South French Alps) case study – *Bulletin de la Société Géologique de France* 178, 149-157
- Sudre C., G. Rastit, K. Castellani, J.-L. Autran, A. Lesea, J. Le Mauff, G. Waysand, and **S. Gaffet** (2006) INSEET at the Low Noise Underground Laboratory of Rustrel-Pays d'Apt (France) – A useful actor in the soft error issues for micro/nano electronics – *2006 Radiation Effects on Components and Systems workshop*, Training and Conference Centre of the National Bank of Greece ATHENS, September 27-29, 10 pp
- Cappa F., Y. Guglielmi, **S. Gaffet**, H. Lançon, I. Lamarque (2006a) Use of fiber optic sensors to in situ characterize heterogeneous deformation field elastic changes in fractured rock – *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 43, 647-654
- Cappa F., Y. Guglielmi, **S. Gaffet**, A. Thoraval, J. Rutqvist, and C.-F. Tsang (2005b) In situ characterization of a single fracture hydromechanical behavior from hydraulic pulse tests coupled to simultaneous pressure-normal displacement measurements – Konecny P. (eds), *Proceedings of the International Symposium of the International Society for Rock Mechanics*, Eurock 2005, Brno, Czech Republic. Balkema, 69-75
- Schisselé E., **S. Gaffet**, and Y. Cansi (2005) Characterization of regional and local scattering effects from small-aperture seismic array recordings – *J. of Seism.* 9, 137-149
- Ribodetti A., **S. Gaffet**, S. Operto, J. Virieux, and G. Saracco (2004) Asymptotic waveform inversion for unbiased velocity and attenuation measurements : numerical tests and application for Vesuvius lava sample analysis – *Geophys. J. Int.* 158, 353-371
- Schisselé E., J. Guilbert, **S. Gaffet**, and Y. Cansi (2004) Accurate time-frequency-wave number analysis to study coda waves – *Geophys. J. Int.* 158, 577-591
- Gaffet S.**, Y. Guglielmi, J. Virieux, G. Waysand, A. Chwala, R. Stolz, C. Emblanch, M. Auguste, D. Boyer, and A. Cavaillou (2003) Simultaneous seismic and magnetic meas-

- urements in the Low Noise Underground Laboratory (LSBB) of Rustrel, France, during the 2001, 26th January Indian earthquake – *Geophys. J. Int.* **155**, 981-990
- Bouchon M., **S. Gaffet**, C. Cornou, M. Dietrich, J.-P. Glot, F. Courboux, A. Caserta, G. Cultrera, F. Marra, and R. Guiguet (2000) Evidence for vertical ground accelerations exceeding gravity during the 1997 Umbria-Marche (central Italy) earthquakes – *J. of Seism.* **4**, 517-523
- Deschamps A., F. Courboux, **S. Gaffet**, A. Lomax, J. Virieux, A. Amato, A. Azzara, B. Castello, C. Chiarabba, G.B. Cimini, M. Cocco, M. Di Bona, L. Margheriti, F. Mele, G. Selvaggi, L. Chiaraluce, D. Piccinini, and M. Ripepe (2000) Spatio-temporal distribution of seismic activity during the Umbria-Marche crisis, 1997 – *J. of Seism.* **4**, 377-386
- Gaffet S.**, G. Cultrera, F. Courboux, F. Marra, M. Dietrich, M. Bouchon, A. Caserta, C. Cornou, A. Deschamps, J.-P. Glot, and R. Guiguet (2000) A site effect study during the 1997 Umbria-Marche (Central Italy) earthquakes – *J. of Seism.* **4**, 525-541
- Durand S., **S. Gaffet**, and J. Virieux (1999) Seismic diffracted waves from topography using 3D discrete wavenumber – boundary integral equation simulations – *Geophysics* **64**, 572-578
- Larroque C., **S. Gaffet**, C. Cornou, E. Schisselé, E. Bertrand, N. Béthoux, M. Bouchon, M. Corrazi, F. Courboux, A. Deschamps, A.-M. Duval, C. Maron, J.-P. Glot, F. Janod, S. Vidal, and J. Virieux (1999) Une expérience multi-antennes à Annot pour l'analyse des effets de site en sismologie – *C. R. Acad. Sciences* **329**, 167-174
- Amato A., R. Azzara, C. Chiarabba, G.B. Cimini, M. Cocco, M. Di Bona, L. Margheriti, S. Mazza, F. Mele, G. Selvaggi, A. Basili, E. Boschi, F. Courboux, A. Deschamps, **S. Gaffet**, G. Bittarelli, L. Chiaraluce, D. Piccinini, and M. Ripepe (1998) The 1997 Umbria-Marche, Italy, earthquake sequence : a first look at the main shocks and after-shocks – *Geophys. Res. Lett.* **25**, 2861-2864
- Gaffet S.**, C. Larroque, A. Deschamps, and F. Tressols (1998) Dense array experiment for observation of waveform perturbations – *Soil Dyn. and Earth. Eng.* **17**, 475-484
- Piserchia P.-F., J. Virieux, D. Rodrigues, **S. Gaffet**, and J. Talandier (1998a) Hybrid numerical modelling of T-waves propagation: application to the Midplate experiment – *Geophys. J. Int.* **133**, 789-800
- Piserchia P.-F., D. Rodrigues, J. Virieux, and **S. Gaffet** (1998b) Detection of underwater explosion at very long-range – *OCEANS'98 Conference Proceedings* **2**, 698-702
- Gaffet S.** and B. Massinon (1997) Teleseismic seismogram perturbations induced by topographical heterogeneity – *Geophys Res. Lett.* **24**, 3313-3316
- Nardin M., F. Glangeaud, J.-M. Vanpé, R. Ancey, P Pignot, L. Royer, and **S. Gaffet** (1997) Ocean waveguide effects on acoustic and seismic ULF propagation – OCEANS apos 6-9 Octobre 1997, MTS/IEEE Conference Proceedings 1, 586-591
- Gaffet S.** (1995) Teleseismic waveform modeling including geometrical effects of superficial geological structures near to seismic sources – *Bull. Seism. Soc. Am.* **85**, 1068-1079
- Gaffet S.**, B. Massinon, J.-L. Plantet, and Y. Cansi (1994) Modeling local seismograms of French nuclear tests in Taourirt Tan Afella massif, Hoggar, Algeria – *Geophys. J. int.* **119**, 964-974
- Gaffet S.** and M. Bouchon (1991) Source location and boundary shape effects on the P-SV near displacement field using a boundary integral equation – discrete wavenumber representation method – *Geophys. J. Int.* **106**, 341-355
- Bouchon M., M. Campillo, **S. Gaffet**, B. Massinon, P. Mechler (1991) Propagation of regional seismic phases in Western Europe – Rapport RADIOMANA Paris (France) contracts

AFOSR-87-0331, PL*TR-91-2064, XFTR-91-2064, 15 juillet 1987-14 juillet 1990, 77 pp

Bouchon M., M. Campillo, and **S. Gaffet (1989)** A boundary integral equation - discrete wavenumber representation method to study wave propagation in multilayered media having irregular interfaces – *Geophysics* **54**, 1134-1140

Gaffet S. and M. Bouchon (1989) Effects of two-dimensional topographies using the discrete wavenumber – boundary integral equation method in P-SV cases – *J. Acoust. Soc. Am.* **85**, 2277-2283

Gaffet S., B. Massinon, P. Mechler, F. Riviere (1988) Investigations on Local Seismic Phases and Evaluation of Body Waves Magnitude – Rapport RADIOMANA Paris (France), contract AFOSR-87-0331, 15 juillet 1987-14 juillet 1988, 22 pp

III.1.2. *Publications en cours*

Gaffet S., T. Monfret, G. Sénéchal, D. Rousset, H. Zeyen, M. Auguste, D. Boyer, and A. Cavaillou (2009) Elastic time reversal mirror experiment in a mesoscopic natural medium at the Low Noise Underground Laboratory (LSBB) of Rustrel, France – *Geophys. Res. Lett.* submitted

Gaffet S., Y. Guglielmi, C. Pambrun, F. Cappa, T. Monfret, and D. Amitrano (2009) Seismic experiment for landslide monitoring : the case of “La Clapière” Southern Alps, France) – Soumis en 2009 à *Geophys. J. Int.*, réf. *GJI-09-0386*

Marfaing J., J.-J. Bois, R. Blancon, E. Pozzo di Borgo, G. Waysand, **S. Gaffet**, P. Barroy, M. Auguste, D. Boyer, and A. Cavaillou (2008) Magnetic Identification of the Earth’s eigenmodes below 2 mHz with [SQUID]² underground ultra low noise magnetometer system – *Geophys J. int.* submitted

Waysand G., P. Barroy, R. Blancon, J.-J. Bois, **S. Gaffet**, J. Marfaing, E. Pozzo di Borgo; M. Pyée, M. Auguste, D. Boyer, and A. Cavaillou (2008) Remote Sensing of ULF Ionosphere Precursor Sichuan Earthquake Signal by [SQUID]² System in LSBB-Rustrel (France) – *Géophys. Res. Lett.* submitted

III.1.3. *Autres publications*

Gaffet S., J. Wang, M. Yedlin, G. Nolet, C. Maron, D. Brunel, A. Cavaillou, D. Boyer, C. Sudre, and M. Auguste (2009) A 3D broadband seismic array at LSBB – IRIS DMS Electronic Newsletter

Gaffet S., G. Waysand, Y. Guglielmi, and J.S.Y. Wang (2009) Interdisciplinary and International Deep Underground Science, Engineering and Technology Laboratories – *SINOROCK’2009* proc., 6 pp

Maufroy E., V. M. Cruz-Atienza, S. Operto, O. Sardou, G. Sénéchal M. Dietrich, and **S. Gaffet (2008)** Modelisation of topographic site effect 3D at the low noise underground laboratory (LSBB), Rustrel, France – *14th World Conference on Earthquake Engineering* (14th WCEE) Oct. 12-17, 2008, Beijing, China. extended abstract, 8 pp

Gaffet S., E. Schisselé et G. Plaut (2002) Apport des antennes sismologiques pour l’analyse de l’influence régionale des hétérogénéités géologiques sur la propagation des ondes – Les expériences de Caille 1994, Annot 1998 et du LSBB 2001 – *Cahier technique AFPS-CFGL « Géologie et risque sismique »*, 49-57

Article d’information (2001) Laboratoire Souterrain à Bas Bruit de Rustrel – Pays d’Apt (LSBB) – *Journal du CNRS – octobre 2001*

Larroque C. and **S. Gaffet** (1995) Des mouvements en sol majeur – *La Recherche* **279**, 930-931

Crusem R., Y. Cansi, **S. Gaffet** et D. Rodrigues (1993) Simulation numérique des effets de site d'origine structurale en sismologie – *Revue Scientifique et Technique de la D.A.M. / C.E.A., CHOCS 7*, 27-36

III.2. CONFERENCES

III.2.1. Conférences internationales avec participation

- Gaffet S.**, G. Waysand, Y. Guglielmi, and J.S.Y. Wang (2009) Interdisciplinary and International Deep Underground Science, Engineering and Technology Laboratories – SINOROCK 2009, The University of Hong-Kong, Department of Civil Engineering, Hong-Kong, 19-22 mai 2009
- Monfret T., **S. Gaffet**, G. Sénéchal, D. Rousset, H. Zeyen, M. Auguste, D. Boyer, and A. Cavaillou (2008) Study of seismic attenuation behaviour using time reversal mirror, elastic signal amplitude and coda-Q analysis from an experiment in a mesoscopic natural medium at the LSBB Underground Laboratory Rustrel, France – AGU Fall meeting, NS06 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Maufroy E., **S. Gaffet**, S. Operto, V.M Cruz-Atienza., G. Sénéchal, M. Dietrich, H. Zeyen, O. Sardou, and D. Boyer (2008) 3D calculation of seismic waves interaction with topography and near surface structures at the LSBB Underground Laboratory, Rustrel, France – AGU Fall meeting, NS06 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Dauvignac J.-Y., N. Fortino, G. Sénéchal, A. Cresp, M. Yedlin, **S. Gaffet**, D. Rousset, and C. Pichot (2008) Ultra-Wideband GPR Imaging of the Vaucluse Karst Aquifer – AGU Fall meeting, NS06 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Foundotos M., G. Bokelmann, G. Barruol, and **S. Gaffet** (2008) Receiver Functions Under the Provence, France: the Low-Noise Underground Laboratory of RUSTREL – AGU Fall meeting, S01 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Blondel T., C.Emblanch **S. Gaffet**, Y. Guglielmi, and Y.Travi, (2008) Near Surface poroelastic perturbations of unsaturated zone properties of reservoirs by distant earthquakes: preliminary results in the karst system of the LSBB – AGU Fall meeting, NS06 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Waysand G., P. Barroy, R. Blancon, J.-J. Bois, **S. Gaffet**, J. Marfaing, E. Pozzo di Borgo, M. Pyée, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou (2008) ULF Magnetic Ionosphere Precursor Sichuan Earthquake Detected by [SQUID]2 System in LSBB – Rustrel (France) – AGU Fall meeting, S12 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Gaffet S.** (2008) LSBB: a Low Noise Laboratory for Inter-Disciplinary Underground Science and Technology in Rustrel – Pays d'Apt, Vaucluse, France – AGU Fall meeting, H66 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Gaffet S.**, T. Monfret, G. Sénéchal, D. Rousset, H. Zeyen (2005) Seismic time reversal experiment in the Low Noise Underground Laboratory, LSBB (France) – *General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 24-29 avril 2005*
- Regnier M., A. Deschamps, T. Monfret, B. Pelletier, R. Pillet, P. Lebellegard, F. Courboule, B. Delouis, and **S. Gaffet** (2004) Stress interaction during a seismic swarm at the southern termination of the New Hebrides trench – Congrès *EGU, Nice, France, 26-30 avril 2004*
- Gaffet S.**, E. Schisselé, A. Sotiriou, S. Le Bégat, C. Skarpelos, A. Tselentis, J. Virieux, C. Aznar, and E. Hamard (2003) Seismic array deployment in the Aigion area of the Gulf of Corinth – Congrès *EGU, European Geophysical Union, avril 2003 à Nice*

- Monfret T., E. Sichien, M. Pardo, E. Vera, **S. Gaffet**, and A. Eisenberg (2003) P-wave attenuation tomography of Central Chile – NW Argentina region (30°S/32°S) using local earthquakes – *Congrès EGU, European Geophysical Union*, avril 2003 à Nice
- Schisselé E., J. Guilbert, **S. Gaffet**, and Y. Cansi (2003) Discrimination between regional and/or local diffraction effects from low aperture arrays recordings – *Congrès EGU, European Geophysical Union*, avril 2003 à Nice
- Virieux J., A. Tselentis, M. Sachpazi, A. Sotiriou, A. Deschamps, **S. Gaffet**, C. Skarpelos, D. Latorre, A. Serpetsidaki, and A. Herrero (2003) A passive tomographic experiment around Aigion fault (Gulf of Corinth/Greece) for 3D local velocity structure in 2001/2002 – EGS - AGU - EUG Joint Assembly, Abstracts from the meeting, du 6 au 11 April 2003 à Nice, France
- Pardo M., T. Monfret, E. Vera, A. Eisenberg, **S. Gaffet**, E. Lorca, and A. Perez (2002) Seismotectonic and Body-wave Tomography of Central Chile-nw Argentina Flat-slab Subduction Zone Using Local Earthquakes – EGS XXVII General Assembly, du 21 au 26 April 2002 à Nice
- Schisselé E., Y. Cansi, and **S. Gaffet** (2002) Time-frequency-wavenumber Decomposition To Investigate Seismic Wavefield: Application To The Annot Experiment – EGS XXVII General Assembly, du 21 au 26 April 2002 à Nice
- Waysand G., **S. Gaffet**, J. Virieux, A. Chwala, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavallou, Y. Guglielmi, D. Rodrigues (2002) The Laboratoire Souterrain Bas Bruit (LSBB) In Rustrel-pays D'apt (france): A Unique Opportunity For Low-noise Underground Science – EGS XXVII General Assembly, du 21 au 26 April 2002 à Nice
- Courboux F., A. Deschamps, N. Béthoux, D. Brunel, E. Calais, J. Deverchère, **S. Gaffet**, B. Hustedt, C. Larroque, A. Lomax, C. Maron, T. Monfret, R. Pillet C., Sansorny, J.-F. Stéphan, J. Virieux, A.-M. Duval, J.-P. Méneroud, J.-L. Perez, S. Vidal, and P. Mondielli (2001) Preliminary results of the SALAM (Sismologie et Aléas dans les Alpes maritimes) experiment – *European Geophysical Society (EGS), XXVI General Assembly, Nice, 25-30 Mars 2001*
- Schisselé E., **S. Gaffet**, and Y. Cansi (2001) Use of array techniques to investigate the seismic wavefield : application to the Annot experiment – *Congrès EGS, European Geophysical Society*, mars 2001 à Nice
- Ribodetti A., **S. Gaffet**, S. Operto, and J. Virieux (2000) Asymptotic waveform inversion for velocity and attenuation estimation in viscoacoustic cavities – *Congrès EGS, European Geophysical Society*, avril 2000 à Nice
- Amato A., R. Azzara, C. Chiarabba, G.B. Cimini, M. Cocco, M. Di Bona, L. Margheriti, A. Deschamps, F. Courboux, and **S. Gaffet** (1999) Space and time evolution of the 1997-98 Umbria-Marche (Italy) earthquake sequence – *Congrès EGS, European Geophysical Society*, avril 1999 à la Haye, Hollande
- Gaffet S.**, G Cultrera, F Courboux, F Marra, M Dietrich, and M Bouchon (1999) A site effect study during the 1997 Umbria-Marche (Central Italy) earthquakes – *Congrès EGS, European Geophysical Society*, avril 1999 à la Haye, Hollande
- Lomax A., **S. Gaffet**, and J. Virieux (1999) Waveform modeling for volcanic tomography: a comparison of path-summation, boundary integral and finite-difference methods – *Congrès EGS, European Geophysical Society*, avril 1999 à la Haye, Hollande
- Bouchon M., **S. Gaffet**, C. Cornou, M. Dietrich, J.-P. Glot, F. Courboux, A. Caserta, G. Cultrera, and R. Guiguet (1998) Evidence for high vertical accelerations during the Assisi / Colfiorito earthquakes – *Congrès EGS, European Geophysical Society*, avril 1998 à Nice

- Dietrich M., M. Bouchon, C. Cornou, J.-P. Glot, R. Guiguet, F. Courboux, **S. Gaffet**, A. Caserta, G. Cultrera, and F. Marra (1998) A site effect study during the 1997 Umbria-Marche earthquakes I : Field investigations – *Congrès EGS, European Geophysical Society*, avril 1998 à Nice
- Gaffet S.**, F. Glangeaud, P.-F. Piserchia, M. Nardin, L. Royer, and J. Deverchère (1998) Rinalig experiment on T-wave measurement in Ligurian sea – *Congrès EGS, European Geophysical Society*, avril 1998 à Nice
- Gaffet S.**, C. Larroque, A. Deschamps (1997) Dense array experiment for observation of waveform perturbations induced by geological structure diffraction of incident wavefields – *Congrès SDEE, Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, july 20-24, 1997, Istanbul, Turkey
- Durand S., **S. Gaffet**, and J. Virieux (1995) P and S waves diffraction by 3D-topographies using the discrete wavenumber – boundary integral equation method – *Workshop Meeting on Seismic waves in Laterally inhomogeneous media IV*, 22-27 mai 1995, à Prague (République Tchèque)
- Gaffet S.**, S. Durand, and J. Virieux (1995) Local and teleseismic waveform perturbations induced in the french nuclear test site by heterogeneous crustal structures in Taourirt tan Afella massif, Hoggar, Algeria – *Workshop Meeting on Seismic waves in Laterally inhomogeneous media IV*, 22-27 mai 1995, à Prague (République Tchèque)
- Gaffet S.** (1994) Mixed symbolic and numerical algorithm to simulate ground motion in any kind of structure – *Congrès EGS, European Geophysical Society*, 25-29 avril 1994, à Grenoble
- Bouchon M., M. Campillo, and **S. Gaffet** (1993) Crustal wave propagation across complex geological structures – *Congrès DARPA/AFGL Seismic Research Symposium*, 8-10 septembre 1993, à Vail, Colorado
- Gaffet S.** and B. Massinon (1993) Waveform shaping at local and teleseismic distances due to geological structures in the vicinity of seismic sources – *Congrès EUG, European Union of Geophysic*, 4-8 avril 1993, à Strasbourg
- Gaffet S.**, B. Massinon, J.-L. Plantet, and Y. Cansi. (1992) Modelling of French nuclear tests in Touarirt tan Afella, Hoggar, Sahara – *Congrès DARPA/AFGL Seismic Research Symposium*, 16-18 septembre 1992 à Tucson, Arizona
- Gaffet S.** (1991) An attempt to waveform modelling – Influence of the superficial geological structure – *Congrès DARPA/AFGL Seismic Research Symposium*, 8-10 octobre 1991 à Keystone, Colorado
- Gaffet S.** and M. Bouchon (1991) Source location and boundary shape effects on the P-SV near displacement field using a boundary integral equation – discrete wavenumber representation method – *Congrès IUGG'91 International Union of Geodesy and Geophysics*, 11-24 Août 1991 à Vienne, Autriche
- Gaffet S.**, M. Bouchon, and B. Massinon. (1990) Far field effects due to complex geological structures in the vicinity of seismic sources – *Congrès DARPA/AFGL Seismic Research Symposium*, 18-20 septembre 1990 à Key West, Floride
- Gaffet S.** and M. Bouchon (1989) Effects of source positions on the diffracted field at short distances – *Congrès DARPA/AFGL Seismic Research Symposium*, 2-4 mai 1989 à San Antonio, Texas
- Gaffet S.** and M. Bouchon (1988) Influence of near-source inhomogeneities, topography and structure on explosion seismograms – *Congrès DARPA/AFGL Seismic Research Symposium*, 3-5 mai 1988 à Fallbrook, Californie

III.2.2. Colloques nationaux et européens avec participation

- Gaffet S. (2009)** Seismology at the low-noise *inter-Disciplinary Underground Science and Technology* laboratory of Rustrel – Pays d’Apt – Seismic risk in moderate seismicity area: from hazard to vulnerability – PROVENCE’2009 – 4-6 juillet 2009 – Aix-en-Provence
- Gaffet S. and W. Plastino (2008)** Interdisciplinary activities in ILIAS-Next – ILIAS-Next workshop – 9 janvier 2008 – Paris
- Gaffet S. (2008)** Perspective pour une antenne multiparamétrique et multi-échelle adossée au RLBP – Colloque sismologie – 18-19 avril 2008 – Nice
- Gaffet S. (2008)** Presentation of LSBB, affiliation and scientific program – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Gaffet S. (2007)** Le Laboratoire Souterrain à Bas Bruit de Rustrel – Pays d’Apt – ILIAS-Next workshop - 22 novembre 2007 – Saragosse
- Gaffet S., Y. Guglielmi, C. Pambrun, F. Cappa, T. Monfret, and D. Amitrano (2006)** Monitoring of seismic and rainfall effects on rockslide rheology in the La Clapière mountainous environment, France Rassemblement des Sciences de la Terre (RST), Dijon, 4-8 décembre 2006
- Sénéchal G., D. Rousset, A. Néau, **S. Gaffet**, T. Monfret, M. Auguste, D. Boyer A. Cavaillou **(2005)** Imagerie sismique à haute résolution et tomographie de vitesse – Rencontre de Rustrel – 28-30 septembre 2005 – Rustrel
- Gaffet S., T. Monfret, G. Sénéchal, D. Rousset, H. Zeyen, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou (2005)** Expérience de renversement temporel au LSBB – Rencontre de Rustrel – 28-30 septembre 2005 – Rustrel
- Gaffet S., Y. Guglielmi, J. Virieux, G. Waysand, A. Chwala, R. Stolz, C. Emblanch, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou, E. Pozzo di Borgo, and R. Blancon (2004)** Simultaneous seismic and magnetic measurements in the Low Noise Underground Laboratory (LSBB) of Rustrel, France – *Congrès SMS-US, Small and Medium Scale Underground Sciences* – 22-24 septembre 2004 – Rustrel
- Charmoille A., Guglielmi Y., Mudry J., Fabbri O., **Gaffet S.**, and Bertrand C. **(2004)** Perturbation de perméabilité dans un aquifère fissure superficiel soumis à un seisme : Exemple de l’aquifère karstique de Fourbanne (Doubs, France) – *Congrès RST, Rassemblement des Sciences de la Terre* – septembre 2004 – Dijon
- Gaffet S. (2004)** Les axes de recherche du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit de Rustrel Pays d’Apt – *Conférence du Collège de France* – 23-24 mars 2004 – Arbois
- Gaffet S., E. Schisselé, A. Sotiriou, S. Le Bégat, C. Skarpos, A. Tselentis, J. Virieux, C. Aznar, and E. Hamard (2003)** Seismic array deployment during 3F-Corinth experiment in the Aigion area of the gulf of Corinth, Greece – *Congrès CRL, Corinth Rift Laboratory* – juin 2003 – Aigion
- Schisselé E. et **S. Gaffet (2003)** Caractérisation des hétérogénéités géologiques du milieu de propagation à partir des observations faites avec les antennes sismologiques – *Congrès AFPS* – 1-3 juillet 2003 – Paris
- Gaffet S., E. Schisselé et G. Plaut (2001)** Apport des antennes sismologiques pour l’analyse de l’influence régionale des hétérogénéités géologiques sur la propagation des ondes - Les expériences de Caille 1994, Annot, 1998, et du LSBB, 2001 – *Journée technique AFPS/CFGI, Association Française de Génie Parasismique*, 22 novembre 2001 à Paris

Gaffet S. et C. Larroque (2000) Les effets de sites – Influences régionales et locales des remplissages sédimentaires sur la propagation des ondes et sur leurs amplitudes. **Les expériences de Caille et d'Annot – Congrès RST, Rassemblement des Sciences de la Terre – avril 2000 – Cité des Sciences de la Vilette à Paris**

III.2.3. Séminaires

Gaffet S. and T. Monfret (2009) Time Reversal Mirror in a Mesoscopic Elastic Medium, at the Low Noise Underground Laboratory (LSBB), Rustrel, France: The Effects of the Complexity of the Medium – Séminaire GIPSA-lab – 22 janvier 2009 – Grenoble

Gaffet S. (2008) LSBB, Laboratoire Souterrain à Bas Bruit, Low Noise Inter-Disciplinary Underground Science & Technology (i-DUST) – LBNL, Earth Science Division conference – 15 décembre 2008 – Berkeley

Gaffet S. (2008) LSBB, Laboratoire Souterrain à Bas Bruit – CEA/DASE, réunion annuelle, Bruyères-le-Châtel, 6 février 2008

Maufroy E. and **S. Gaffet** (2008) Seismic imaging for topographic site effect modeling at the Low Noise Underground Laboratory (LSBB), Rustrel, France – CEA/DASE, réunion annuelle, Bruyères-le-Châtel, 6 février 2008

Gaffet S. (2007) LSBB, Laboratoire Souterrain à Bas Bruit – IRSN/BERSSIN, Fontenay-aux-Roses, 10 octobre 2007

Gaffet S. and T. Monfret (2007) Renversement temporel à l'échelle mésoscopique au Laboratoire Souterrain à Bas Bruit, LSBB, Rustrel – Pays d'Apt, Vaucluse – Séminaire LOA – 18 janvier 2007 – ESPCI, Laboratoire Ondes et Acoustique, Paris

Gaffet S. (2004) Pourquoi un laboratoire souterrain à bas bruit ? – Conférence du collège de France, CEREGE, 23 mars 2004

Gaffet S. (2003) Le Laboratoire Souterrain à Bas Bruit, Rustrel – Pays d'Apt – Journée de rencontre Observatoire de la Côte d'Azur, UMR Géosciences Azur

III.2.4. Conférences sans participation

Rousset D., G. Sénéchal, and **S. Gaffet** (2009) GPR investigations in galleries buried inside a karstified limestone formation – General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 19-24 avril 2009

Yedlin M., A. Cresp, J.Y. Dauvignac, **S. Gaffet**, G. Sénéchal, N. Fortino, C. Pichot, and I. Aliferis (2009) Time-Frequency Transform Techniques Applied to Ultra-wideband Ground-Penetrating Radar – General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 19-24 avril 2009

Waysand G., P. Barroy, R. Blancon, **S. Gaffet**, J. Marfaing, E. Pozzo di Borgo, M. Auguste, D. Boyer, and A. Cavaillou (2008) A new tool for earth and space magnetism: the ultra low noise underground SQUID system of LSBB – Caen University from 30 June – 2 July 2008

Maufroy E., V.M. Cruz-Atienza, S. Operto, O. Sardou, G. Sénéchal, M. Dietrich, and **S. Gaffet** (2008) Modélisation of topographic site effect 3D at the Low Noise Underground Laboratory (LSBB), Rustrel, France – 14th World Conference on Earthquake Engineering, 12-17 october 2008, Beijing, China

Yedlin M., C. Pichot, J.-Y. Dauvignac, I. Aliferis, N. Fortino, A. Cresp, and **S. Gaffet** (2008) Ultra-wideband Vivaldi Antenna Array for High Resolution Subsurface Imaging – AGU may 2008 Florida

- Yedlin M., A. Cresp, C. Pichot, I. Aliferis, J.-Y. Dauvignac, and **S. Gaffet (2008)** Reverse-time imaging using an ultra-wideband (uwb) antenna array with application to geophysics – General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 13-18 avril 2008
- Guglielmi Y., F. Cappa, **S. Gaffet**, T. Monfret, J. Virieux, J. Rutqvist, and C. F. Tsang (2008) A New Approach for In Situ Characterization of Rock Slope Discontinuities The High-Pulse Poroelasticity Protocol (HPPP) – 10th international symposium on landslides and engineered slopes – June 30 - July 4, 2008, Xi'an, China
- Yedlin M., C. Pichot, I. Aliferis, J.-Y. Dauvignac, and **S. Gaffet (2007)** Ultra-wideband microwave imaging of heterogeneities – General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 15-20 avril 2007
- Maufroy E., A. Ribodetti, G. Sénéchal, H. Zeyen, M. Dietrich, S. Operto, and **S. Gaffet (2007)** Seismic imaging for topographic site effect modelling at the Low Noise Underground Laboratory (LSBB), Rustrel, France – General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 15-20 avril 2007
- Waysand G., P. Barroy, R. Blancon, **S. Gaffet**, Ch. Guilpin, J. Marfaing, E. Pozzo di Borgo, M. Pyee (2007) Permanent Observation of Ionospheric and Magnetospheric Effects by the Underground Ultra Low-Noise SQUID Magnetometric system of LSBB-Rustrel: Preliminary Results – URSI 2007 CNC/USNC - North American Radio Science Meeting - July 22nd - 26th, 2007 – Fairmont Château Laurier, Ottawa, ON, Canada
- Barroy P.R.J., G. Waysand, J. Marfaing, J.-J. Bois, R. Blancon, **S. Gaffet**, M. Parrot, M. Pyée, and E. Pozzo di Borgo (2007) Ionospheric Effects as Monitored by the Underground Low-Noise SQUID Magnetometric system of LSBB-Rustrel: the particular case of the impact of the major Solar quakes of mid-December 2006 – SUPRA 2007, Palaiseau
- Waysand G., P. Barroy, R. Blancon, **S. Gaffet**, Ch. Guilpin, J. Marfaing, E. Pozzo di Borgo, M. Pyee, A. Cavaillou, D. Boyer, M. Auguste (2007) Détection de réponses sismo-ionosphériques par SQUID souterrain en environnement Bas Bruit au LSBB Rustrel-Pays d'Apt – 4^{ème} Colloque Interdisciplinaire en Instrumentation, 16-19 octobre 2007, Nancy – Session « Où les ondes interviennent »
- Cruz-Atienza V.M., J. Virieux, C. Kohrs-Sansorny, O. Sardou, **S. Gaffet**, and M. Vallée (2007) – Estimation quantitative du PGA sur la Côte d'Azur – 7^{ème} colloque AFPS, 4-6 Juillet 2007, Paris
- Sudre C., G. Rastit, K. Castellani, J.-L. Autran, G. Waysand, **S. Gaffet**, A. Lesea, J. Le Mauff (2006) INSEET at the Low Noise Underground Laboratory of Rustrel-Pays d'Apt (France): A usefull actor in the soft error issues for micro/nano electronics – 9TH Technical and scientific meeting of ARCSIS « Sensitivity of Advanced Devices to Contamination » ST University, Fuveau, France – November 16-17, 2006
- Cruz-Atienza V., J. Virieux, O. Sardou, S. Gaffet, and M. Vallée (2006) Topographic and bathymetric effects on the seismic response response of the Nice Bay region, France – AGU Fall meeting, S41C-1349
- Amitrano D., **S. Gaffet**, J.-P. Malet, and O. Maquaire (2006) An experience of seismic monitoring for understanding muddy landslides : the case of Super-Sauze – EGU
- Pozzo di Borgo E., C. Bordes, S. **Gaffet**, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou (2006) The Low Noise Underground Laboratory, a unique environment for very weak electromagnetic measurements – EGU
- Cappa F., Y.Guglielmi, **S. Gaffet**, A.Thoraval, J.Rutqvist, and C.-F.Tsang. (2005) In Situ Characterization of a Single Fracture Hydromechanical Behavior from Hydraulic

Pulse Tests coupled to Simultaneous Pressure – *International Symposium EUROCK 2005, Brno, Czech Republic, 18-20 mai 2005*

- Amitrano D., Senfaute G., Grasso J.-R., Got J.-L., **Gaffet S.**, and Clément C. (2004) Potential of the seismic monitoring for the understanding of gravitationnal instability – *Congrès AGU, American Geophysical Union, décembre 2004*
- Bouchon M., **S. Gaffet**, C. Cornou, M. Dietrich, J.-P. Glot, F. Courboulex, A. Caserta, G. Cultrera, F. Marra, and R. Guiguet (1999) Evidence for vertical ground accelerations exceeding gravity during the 1997 Umbria-Marche (central Italy) earthquakes – In *Seismological Res. Lett.*, vol. 70, n° 2, SSA-99, 94th Annual Meeting, Seattle, WA, *Etats-Unis, May 3-5, 1999*. 218
- Le Bihan N., J.-L. Lacoume, F. Glangeaud and **S. Gaffet** (1998) Traitement des ondes sismo-acoustiques UBF multicomposantes – 4^{èmes} journées d'acoustique sous-marine, Brest, France, December 1998
- Durand S., **S. Gaffet**, and J. Virieux (1996) Identification of seismic diffracted fields using 2D and 3D discrete wavenumber – boundary integral equation simulations : methodology and results – *Conférence INRIA, problèmes inverses de propagation et de diffraction d'ondes, 23-27 septembre 1996 à Aix-les-Bains*
- Gaffet S.** and S. Durand (1996) 2D numerical simulations of topographical and underground heterogeneities, effects onto seismic waveforms : methodology and results – *Conférence INRIA, problèmes inverses de propagation et de diffraction d'ondes, 23-27 septembre 1996 à Aix-les-Bains*
- Tressols F., **S. Gaffet**, and A. Deschamps (1996) Scattered seismic wave fields identification using a very small dense array – *Conférence INRIA, problèmes inverses de propagation et de diffraction d'ondes, 23-27 septembre 1996 à Aix-les-Bains*
- Deverchère J., A. Deschamps, **S. Gaffet**, N. Béthoux, R. Louat, and C. Eva (1966) Deep sea-floor experiments in the Ligurian basin, Mediterranean sea: A synthesis – European Seismological Commission, XXV General Assembly 9-14 septembre, 1996 à Reykjavik (Island)
- Deverchère J., H. Bellon, M.O. Beslier, N. Béthoux, I. Contrucci, A. Deschamps, C. Eva, J. Ferrandini, C. Fontaine, **S. Gaffet**, E. Gueguen, P. Guennoc, B. Jakni, K. Lange, A.-C. Morillon, G. Poupeau, J.-P. Réhault, N. Rollet, P. Rossi, and M. Sosson (1996) Geodynamics of the Ligurian basin and margins – International Workshop on "The Mediterranean basins: Tertiary extension within the Alpine orogen", 11-13 décembre 1996, Univ. Cergy-Pontoise
- Tressols F., **S. Gaffet**, A. Deschamps, J. Virieux (1995) On the use of a very small dense array to study site effects – *Congrès EGS, European Geophysical Society, mars 1995, à Hamburg, Allemagne*
- Béthoux N., J. Deverchère, K. Lange, M. Cattaneo, C. Fontaine, M. Campillo, A. Deschamps, C. Eva, J. Ferrandini, **S. Gaffet**, A. Gauthier, J. Makris, A. Paul, J. Virieux. (1993) Sisbalig II : a sea-land experiment in Occidental Mediterranean sea – *Congrès AGU, American Geophysical Union, décembre 1993, San Francisco*

2^{ème} PARTIE
Evolution et objectifs de recherche

IV. EVOLUTION DE MES TRAVAUX DE RECHERCHE

IV.1. THEMATIQUES MAJEURES

IV.1.1. Simulation numérique de la propagation des ondes

Ma contribution dans le cadre de la simulation numérique des ondes a permis de

- Définir un algorithme semi-symbolique permettant de programmer la méthode des nombres d'ondes discrets et d'intégration aux frontières, prenant en compte automatiquement toute géométrie de modèle et d'interfaces.
- Mettre en évidence l'influence de la géologie et de la topologie des contrastes d'impédances à proximité de la source, dans l'évaluation de l'énergie des tirs nucléaires.

J'ai effectué ma thèse au Laboratoire de Détection et de Géophysique (LDG) du CEA à Bruyères-le-Châtel sous la direction de Michel Bouchon (Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique, Université Joseph Fourier, Grenoble) et de Yves Cansi (LDG, CEA/DAM, Bruyères-le-Châtel). Ce travail s'est inscrit dans une démarche de compréhension de l'influence locale (Gaffet *et al.*, 1994) et télésismique (Gaffet & Massinon, 1997) des hétérogénéités structurales et topographiques sur la composition des ondes sismiques, dans le but de :

- Contribuer à l'amélioration de l'estimation de l'énergie des explosions nucléaires, estimation faite à partir des ondes sismiques produites par les explosions (Gaffet, 1995),
- Décrire les phénomènes d'amplification et de déamplification des mouvements du sol induits en surface et en profondeur par les irrégularités topographiques (Gaffet & Bouchon, 1991).

Durant mon DEA, ma thèse et mon travail d'ingénieur au CEA, je me suis concentré sur la modélisation numérique 2D (Gaffet & Bouchon, 1989 ; Bouchon *et al.*, 1989) de la propagation des ondes. L'évolution au cas 3D (Durand *et al.*, 1999) est devenue réalisable sur les calculateurs dès le début des années 1990. C'est ensuite dans le cadre du co-encadrement du travail de thèse de Sylvette Durand que j'ai travaillé à l'implémentation de la méthode pour les milieux tridimensionnels.

$$S_i^I + A_{ii}^I Q_i^I + \sum_{j \neq i} A_{ji}^I Q_j^{j=I} = S_i^I + A_{ii}^I Q_i^I + \sum_{j \neq i} A_{ji}^I Q_j^{j=I}, \text{ si l'interface } i \text{ sépare 2 milieux}$$

$$S_i^I + A_{ii}^I Q_i^I + \sum_{j \neq i} A_{ji}^I Q_j^{j=I} = 0, \text{ si le milieu } l' \text{ est le vide}$$

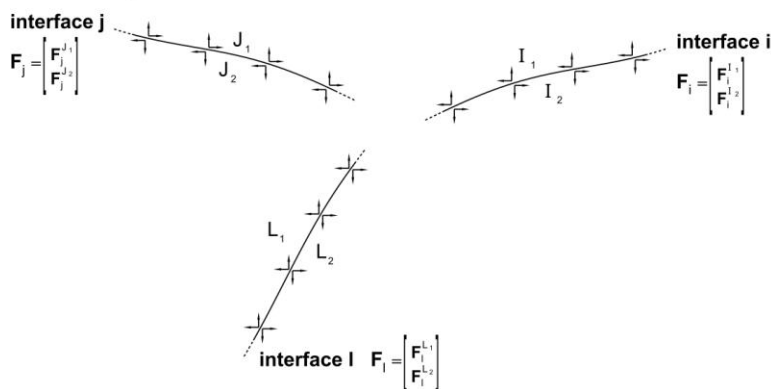


Fig. 1 :

Synopsis de la méthode DWBIEM, chaque coté d'une interface i est associé à une distribution de forces horizontales et verticales Q_i^I régulièrement réparties (l'indice i est celui de l'interface, l'exposant I est celui du milieu au contact). Le potentiel de déplacement rayonné par ces forces est utilisé pour calculer le champ d'onde diffracté par toutes les interfaces.

Sur la base des travaux initiés par Michel Bouchon (1973⁴, 1977⁵, 1985⁶), j'ai développé le code DWBIEM (*Discrete Wavenumber Boundary Integral Equation Method*) dans le cas 2D P-SV élastique. Cette extension au cas P-SV des modélisations SH a pu être entreprise en 1986 en utilisant les moyens nationaux de calculs de l'IDRIS.

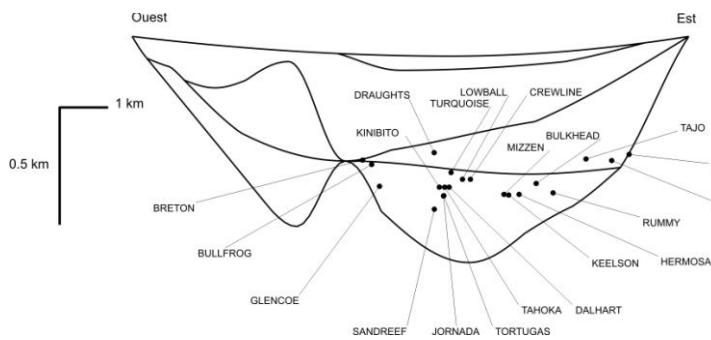


Fig. 2 : Coupe schématique est-ouest du bassin de Yucca Flat et positionnement des tirs modélisés.

Le code DWBIEM permet de représenter un milieu comme un ensemble de milieux homogènes de géométrie quelconque, homogènes, élastiques, isotropes et jointifs via des interfaces sur lesquelles des forces appliquées de part et d'autre réalisent la continuité du champ de déplacement et la continuité des contraintes normales. Le calcul se fait dans le domaine fréquentiel et la reconstruction des signaux en temps est obtenue par transformée de Fourier des spectres constitués fréquence par fréquence. La limitation principale de cette méthode est que la topologie du système linéaire qu'il faut résoudre pour déterminer le champ de force appliqué aux interfaces, dépend de la géométrie du milieu, limitant ses possibilités d'utilisation en nécessitant l'écriture d'un code par type de géométrie (ex. topographie irrégulière, topographie irrégulière + une interface, topographie plane + une cavité, ...). Pour pallier ce frein à l'exploitation, j'ai développé un code semi-symbolique permettant une adaptation automatique de la construction du système linéaire et de son schéma de résolution en fonction de la description des interfaces décrivant le milieu (Fig. 1). Ce travail a donné lieu à une publication écrite initialement dans le cadre du CEA et finalisée dans le cadre de l'Institut de Géodynamique (Gaffet, 1995 ; Figs. 2 & 3).

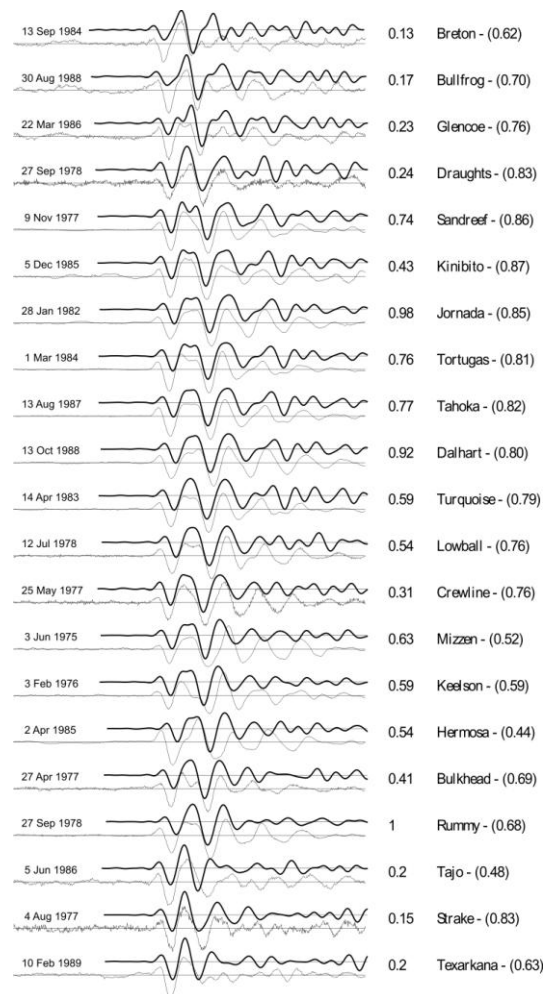


Fig. 3 : Comparaison des composantes radiales observées (trait fin) et simulées (trait épais)

⁴ Bouchon M. (1973) Effect of topography on surface motion – Bull. Seismol. Soc. Am. 63, 615-632

⁵ Bouchon M. & K. Aki (1977) Discrete wave-number representation of seismic source wave fields – Bull. Seismol. Soc. Am. 67, 259-277

⁶ Bouchon M. (1985) A simple complete numerical solution to the problem of diffraction of SH waves by an irregular surface – J. Acoust. Soc. Am. 77, 1-5

Le potentiel du schéma de résolution symbolique va au-delà de la simple auto-adaptation du code à la géométrie du milieu car il permet aussi une gestion automatique du découpage en sous-systèmes du système linéaire complet de façon à le rendre compatible avec la quantité de mémoire disponible sur la machine de calcul. Il permet surtout de ne considérer que la partie non creuse du système linéaire et peut être porté en l'état dans le cas tridimensionnel.

Le travail mené par *Sylvette Durand* dans le cadre de sa thèse soutenue en 1997, a également permis d'importer le code semi-symbolique en l'intégrant dans la modélisation numérique 3D des effets de site d'origine topographique *Durand et al.* (1999).

IV.1.2. Observation et caractérisation des ondes : Méthodologie des antennes

Dans le cadre de l'observation et de la caractérisation des ondes, mes travaux et encadrements de thèses ont permis de

- *Mettre en évidence, associée à l'effet de site local, l'influence de l'échelle régionale dans la répartition temporelle de l'énergie sismique reçue en un site donné.*
- *Intégrer dans la méthodologie d'analyse des effets de site, l'observation et la caractérisation des mouvements du sol avec des antennes de sismomètres.*

L'approche numérique 2D puis 3D, présentée ci-dessus a permis de montrer qu'il est possible de modéliser les formes d'ondes en reproduisant de façon réaliste certaines des caractéristiques principales des sismogrammes observés sous réserve de « bien connaître » la géologie et les propriétés du milieu. Mais comment identifier les ondes contribuant aux mouvements du sol et comment caractériser dans les signaux enregistrés, les effets dus à leurs interactions avec les topographies irrégulières et les hétérogénéités géologiques ? Cette problématique est fondamentale si l'on considère un site d'observation donné et que l'on souhaite comprendre les perturbations de l'environnement géologique sur les signaux enregistrés pour les discriminer des informations concernant la source ou de la propagation dans la Terre par exemple.

Pour initier cette démarche de compréhension de la contribution relative des hétérogénéités régionales et locales dans les formes d'ondes, j'ai replacé ces processus dans le cadre plus général des effets de site en sismologie. Je me suis appuyé sur les techniques de traitement des données des antennes sismologiques mise en œuvre pour la détection et la discrimination des essais nucléaires et pour le contrôle de leurs énergies dans le cadre des traités de limitation de la puissance des essais nucléaires (*Green et al.*, 1965⁷ ; *Mykkelveit et al.*, 1983⁸ ; *Nawab et al.*, 1985⁹ ; *Bannister et al.*, 1990¹⁰ ; *Hedlin & Minster*, 1991¹¹ ; *Suteau-Henson*, 1991¹² ; *Cansi et al.*, 1993¹³). L'approche expérimentale des antennes sismologiques permet de séparer et d'identifier les champs d'ondes contribuant aux mouvements du

⁷ Green P., R. Frosch, and C. Romney (1965) Principles of an experimental large aperture seismic array (LASA) – Proc. IEEE 53, 1821-1833

⁸ Mykkelveit S., K. Astebol, D. Doornbos, and E. Husebye (1983) Seismic array configuration optimization – Bull. Seism. Soc. Am. 73, 173-186

⁹ Nawab S., F. Dowla, and R. Lacoss (1985) Direction determination of wideband signals – IEEE Trans. Acoust. Speech, Signal Processing 33, 1114-1122

¹⁰ Bannister S/, E. Husebye, and B. Rudd (1990) Teleseismic P-coda analyzed by three component and array techniques: deterministic location of topographic P to Rg scattering near the NORESS array – Bull. Seism. Soc. Am. 80b, 1969-1986

¹¹ Hedlin M. and J.-B. Minster (1991) Beam-stack imaging using small aperture array – Geophys. Res. Lett. 18, 1771-1774

¹² Suteau-Henson A. (1991) Three-component analysis of regional phases at NORESS and ARCESS: polarization and phase identification – Bull. Seism. Soc. Am. 81, 2419-2440

¹³ Cansi Y., J.-L. Plantet, and B. Massinon (1993) Earthquake location applied to a mini-array: K-spectrum versus correlation method – Geophys. Res. Lett. 20, 1819-1822

sol, champs d'ondes qui contribuent souvent de façon significative à l'allongement des durées de sollicitation des mouvements du sol et à leur amplification. Ils peuvent également accroître localement l'énergie sismique en la focalisant au risque d'amplifier les mouvements du sol et d'augmenter la durée des vibrations.

J'ai développé cette approche d'observation et de caractérisation des ondes, sur la base de 2 expériences de terrain financées dans le cadre du Programme National des Risques Naturels (PNRN) de l'INSU : L'expérience de Caille en 1994 (arrière-pays de Grasse) et le dispositif multi-antenne d'Annot en 1998. Cette thématique s'est mise en place avec le co-encadrement de la thèse soutenue par *Florence Tressols* en 1996 à l'Université de Nice – Sophia-Antipolis puis avec le co-encadrement du travail de thèse mené au CEA/DASE par *Estelle Schisselé*, thèse soutenue en 2002.

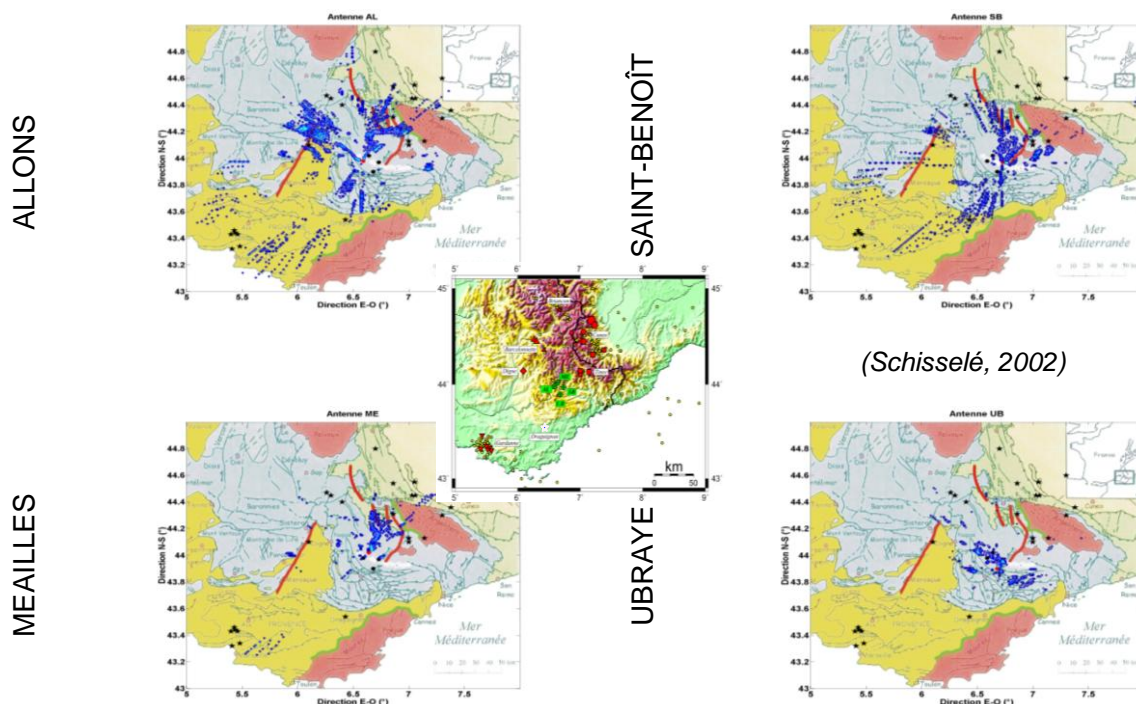


Fig. 4 : Analyse du contenu des ondes diffractées, enregistrées par les 4 antennes de l'expérience d'Annot (1998). Les zones bleues ● montrent les zones géographiques où se concentre l'énergie sismique. Ces zones préférentielles de diffraction indiquent une forte composante déterministe de la coda des sismogrammes régionaux, avec des zones de diffraction communes (Allons, Méailles et Saint-Benoît), des zones de diffraction singulières à chaque antenne (Dôme du Barrot, Faille de la Durance) et de forts effets locaux observés notamment sur l'antenne d'Ubraye. Le travail effectué a permis de montrer le potentiel de caractérisation des structures hétérogènes à partir de l'observation par les antennes, la nécessité de prendre en compte l'influence régionale pour l'évaluation de l'effet de site et que cette influence ne peut être mise en évidence qu'au travers des ondes émises par les séismes, et la possibilité de masquer un effet régional par un effet local, (■ Massif de socle ■ Miocène-Pliocène-Quaternaire ■ Chaînes subalpines).

Les objectifs étaient

- Le développement méthodologique pour accroître la résolution dans le temps et dans le domaine des nombres d'onde (Gaffet *et al.*, 2000 ; Schisselé *et al.*, 2004),
- L'analyse des données acquises pour décrire l'origine de l'énergie présente dans la coda des ondes (Larroque *et al.*, 1999), effets locaux de piégeage des ondes dans un bassin (Gaffet *et al.*, 2002) et effets régionaux de rechargement en énergie sismique de site (Schisselé *et al.*, 2005).

A la suite du travail de thèse effectué par Estelle Schisselé, cette thématique s'est inscrite dans la dynamique d'un groupe de travail non formalisé, associant le CEA/DASE, le LIS (ex

CEPHAG, maintenant GIPSA-*lab*) et Géosciences Azur pour fédérer les discussions et favoriser les développements méthodologiques et expérimentaux dans le but de poursuivre l'amélioration du pouvoir de résolution et de séparation des antennes, tant sur le terrain que dans le traitement numérique. 3 orientations majeures ont donc été présentées dans ce cadre à la communauté sismologique lors du colloque de sismologie organisé en mars 2008 au Mont Gros à Nice :

- La première orientation concerne l'observation de la propagation des ondes en utilisant les antennes multi-échelles basées sur une géométrie spirale (*comm. Gaffet et al., 2003, Fig. 4*). Cette géométrie non régulière présente les avantages de couverture optimale en nombre d'onde et en azimut sans aliasing et une grande robustesse aux pannes pour sa réponse impulsionnelle. Selon les possibilités d'implantation des stations sismométriques dans une région donnée, il serait important de prévoir une topologie du réseau résultant qui permette de conduire une analyse en antenne. Une telle topologie ne remettrait pas en cause les fonctions classiques de surveillance et ajouterait un potentiel supplémentaire pour l'analyse des ondes (thèse CEA/DASE, 2009-2012)

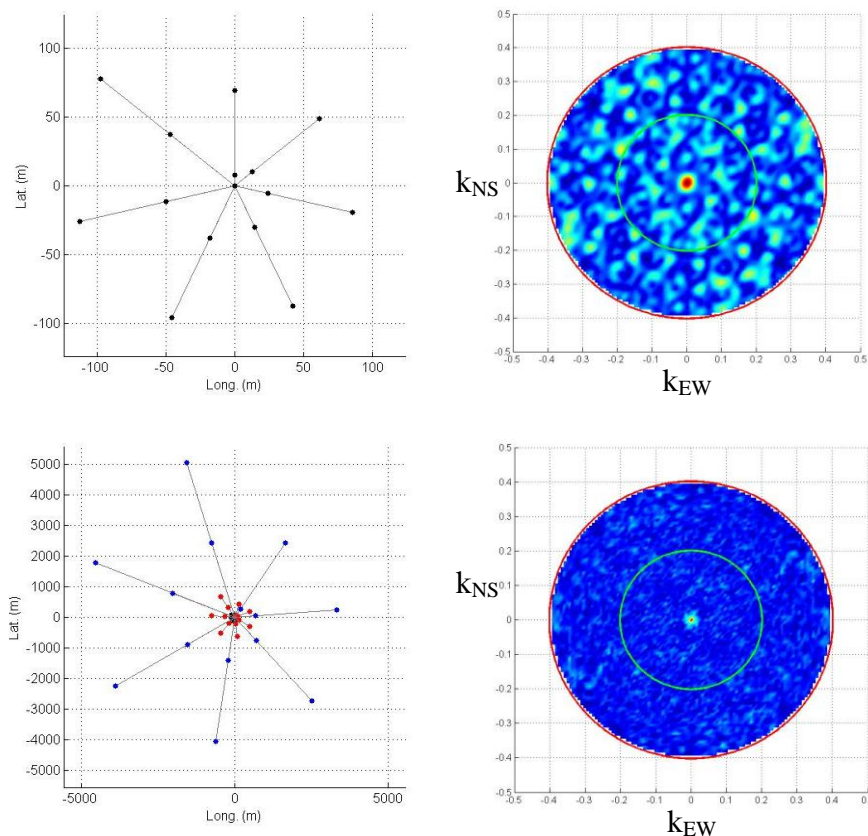


Fig. 5 :

Perspective pour une antenne multiparamétrique et multi-échelle adossée au RLBP.

Géométrie et réponse pour une antenne spirale élémentaire de 14 sismomètres (en haut) et pour une antenne multi-échelle inscrite dans un cercle de 9 km de diamètre et constituée de 3 antennes spirales de 14 éléments (en bas).

- L'une des clefs pour l'avenir de l'analyse des signaux issus d'antennes sismométriques passe par les développements méthodologiques intégrant les composantes des capteurs (*i.e.* u_x , u_y et u_z) et donc par l'intégration de la polarité des ondes dans l'analyse en antenne. Parmi les enjeux de cette analyse vectorielle – La meilleure prise en compte de la non planéité des fronts d'ondes pour l'étude des sources proches de l'antenne et pour l'étude des processus de rupture des sources étendues – l'apport de la polarisation pour accroître la capacité de séparation des ondes et d'identification des processus de propagation mis en jeu dans la coda des ondes

(Hennino *et al.*, 2001¹⁴ ; Campillo & Paul, 2003¹⁵ ; Malcolm *et al.*, 2004¹⁶ ; Le Bihan *et al.*, 2007¹⁷).

- Les développements futurs qui s'imposeront à la suite de l'analyse vectorielle en antenne prendront en compte conjointement les translations (u_x , u_y , et u_z) et les rotations (r_x , r_y et r_z). La mesure complète du champ en chaque point donnant un meilleur contrôle sur les données et permettant d'accéder à une mesure locale de la vitesse de phase (Igel *et al.*, 2005¹⁸ ; Pillet & Virieux, 2007¹⁹), un suivi des variations temporelles reliées aux variations pré-sismique ou pré-éruption des propriétés du milieu. Une antenne formée de capteurs 6 composantes pourrait être complétée par des mesures gravimétriques dans le but d'intégrer les déplacements de masses (ex. eau) à proximité du périmètre de l'antenne pouvant expliquer une partie des rotations mesurées.

IV.2. IMPLICATIONS DANS LES PROGRAMMES SCIENTIFIQUES

IV.2.1. *Coordination de programmes*

- **Entre 1993 et 1997** : Développement de la base de données sismologique pour la gestion des données du réseau large bande TGRS (« Très Grande Résolution Sismique »), et des sous-réseaux courtes périodes du RENASS, de Nice et d'Aix-en-Provence sous la responsabilité de l'Institut de Géodynamique puis de l'UMR Géosciences Azur. J'ai progressivement transféré à Christophe Maron, recruté à Géosciences azur en 1997, la maintenance de la structure de la base de données que j'avais développée, l'organisation de la diffusion des données et l'évolution du dispositif de gestion à Géosciences azur. Il a pu en assurer la responsabilité dès 1998. Cette structure a servi de point de démarrage en 2000 pour la génération de la base de données BDSIS développée au LGIT à Grenoble par Catherine Péquegnat en coordination avec Christophe Maron à Géosciences Azur dans le but de gérer les données des campagnes sismologiques INSU.

Financement : INSU

- **Entre octobre 1994 et janvier 1995** : Coordination de la campagne de CAILLE. Déploiement d'une antenne dense de sismomètres dans le poljé de Caille (Alpes-Maritimes) pour d'une part caractériser les ondes se propageant dans un bassin sédimentaire d'extension kilométrique et bordé par de forts reliefs et d'autre part pour étudier les effets de site, induits par les ondes piégées dans les couches sédimentaires plus lentes du bassin. Cette expérience a fait partie intégrante du travail de thèse de Florence Tressols, au cours duquel a pu être explorée puis développée l'analyse en nombre d'onde de la coda des sismogrammes enregistrés par des dispositifs sismiques en antenne ; thèse soutenue à l'Université de Nice – Sophia-Antipolis le 5 décembre 1996.

Financement : INSU

¹⁴ Hennino R., N. Trégourès, N.M. Shapiro, L. Margerin, M. Campillo, B.A. van Tiggelen, and R.L. Weaver (2001) Observation of Equipartition of Seismic Waves – *Phys. Rev. Lett.* 86, 3447-3450

¹⁵ Campillo M. and A. Paul (2003) Long-range correlations in the diffuse seismic coda – *Science* 299, 547-549

¹⁶ Malcolm A.E., J.A. Scales, and B.A. van Tiggelen (2004) Extracting the Green function from diffuse, equipartitioned waves – *Phys. Rev. E* 70, 015601, 1-4

¹⁷ Le Bihan N., S. Miron and J. Mars (2007) MUSIC algorithm for vector-sensors array using biquaternions – *IEEE Transactions on Signal Processing* 55, 4523-4533

¹⁸ Igel H., U. Schreiber, A. Flaws, B. Schuberth, A. Velikoseltsev, and A. Cochard (2005) Rotational motions induced by the M8.1 Tokachi-oki earthquake, September 25, 2003. *Geophys. Res. Lett.* 32

¹⁹ Pillet R and J. Virieux (2007) The effects of seismic rotations on inertial sensors – *Geophys. J. Int.* 171, 1314–1323

Une plaine à l'automne



Vue vers l'est de la plaine de Caille, depuis le sommet du mont Bauroux (Ph. Olivier Laurent)

L'expérience de Caille était ma première campagne à l'Institut de Géodynamique. J'y ai expérimenté quelques traits spécifiques d'un Poljé²⁰, celui de Caille-Andon lequel, formant une plaine entourée de forts reliefs, avait inspiré mon projet d'y déployer en antenne 21 sismomètres du Réseau Accélérométrique Mobile de l'INSU du 15 octobre 1994 au 15 janvier 1995.

Novembre 1994, des pluies intenses touchent la vallée du Rhône, la Lozère, les Cévennes. La nuit du 4 au 5, elles se décalent vers l'est. Les rivières des Alpes-Maritimes sont en crues, le Loup, l'Estéron, la Siagne, la Roya, le Paillon et le Var qui atteint à Nice un débit de 3800 m³/s (DIREN) et

noie l'aéroport, ses parkings souterrains et la préfecture, la rendant inopérante pour toute aide. Du 4 au 5, un lac se forme sur la plaine de Caille, noyant capteurs et numériseurs sous 50 cm à 2 m d'eau.

Alertés par Philippe Antraygues et Sylvette Durand qui surveillaient sur place l'expérience, Georges Buffet et moi-même montons à Caille sous le déluge, cherchant une route praticable, 2 m d'eau couvraient le plateau de Caussols, demandant assistance aux pompiers d'Andon, accaparés par le secours aux personnes. Avec Florence Tressols qui avait réussi à nous rejoindre, nous avons extrait les stations sous une pluie d'éclairs, sous l'oeil des Caillois incrédules devant cette pêche miraculeuse, et avec l'aide du facteur et de sa barque. Les pompiers arrivés en renfort à la nuit tombée ont éclairé la scène de leurs projecteurs, perçant l'opacité de la pluie. Un cinéaste aurait dû immortaliser l'action qui s'est prolongée jusque 23 h cette soirée là du 5 novembre 1994.

Au bilan du matériel récupéré, une station manquait, repêchée le lendemain sous 1,5 m d'eau et sous un ciel radieux ; elle fonctionnait encore. 10 jours de maintenance intensive, séchage de l'eau infiltrée dans les boîtiers, constat de l'assurance qui a couvert tous les dommages et remplacé à neuf le matériel détruit grâce à l'arrêt de catastrophe naturelle ; 10 jours donc et le lac s'était vidé. Réinstallation, redémarrage de l'expérience sous le ciel bleu et glacial de l'automne. Le froid ! Autre facette du Poljé de Caille, surnommé « la petite Sibérie », il y fait régulièrement -30°C l'hiver, et à -30°C, le sol gèle sur plusieurs dizaines de centimètres, d'autant plus aisément qu'il est gorgé d'eau !

Après ces 2 périodes de mesure en climat automnal puis sibérien, est venu le temps du repliement à la mi-janvier. Georges, Florence, Philippe, Sylvette, Christophe, moi-même, remis de la méningite qui m'avait cloué à l'hôpital pour Noël et nouvel an, et d'autres collègues de l'Institut de Géodynamique, de RUADE et du Gemco, avons dû extraire les câbles connectant capteurs et numériseurs, câbles enterrés pour réduire leurs mouvements avec le vent et leur fragilité face aux sangliers. Location d'une citerne, d'une centrale à eau chaude, d'un karcher, un camion a porté le tout au milieu des champs. Vêtus de sacs plastiques, sensés nous préserver des éclaboussures, nous avons découpé la terre dans un nuage de vapeur et de boue, pour desceller nos câbles piégés dans le « permafrost »²¹.

- **Entre 1994 et 1998** : Collaboration dans le cadre du projet piloté par le CEPHAG²² avec la DCN Toulon CTSN/DLSM²³, le CEA/LDG et l'Institut de Géodynamique pour

²⁰ Poljé : configuration géologique caractéristique des milieux karstiques formant un bassin sédimentaire dont le seul exutoire est une Perte qui permet à l'eau de sortir de la dépression par un conduit naturel.

²¹ L'aventure aurait dû se finir ainsi, sans l'intervention d'un inspecteur de la Générale des Eaux de passage à Caille, qui nous voyant approvisionner notre citerne en plein champ à partir des bornes incendies du village, nous a mis à l'amende de 40 000 Francs pour approvisionnement illicite en eau. C'était cher payé pour 3 citernes de 2 m³ prélevées avec l'autorisation du M Funel, Maire de Caille. L'affaire s'est finalement apaisée au printemps, à l'amiable, entre M Pierre Doucelance, Directeur de la DR20 du CNRS et la Direction régionale à Marseille de la Générale des Eaux.

²² CEPHAG : Centre d'Etude des Phénomènes Aléatoires en Géophysique, maintenant GIPSA-lab

²³ CTSN / DLSM : Centre Technique des Systèmes Navals de Toulon, branche Détection, Lutte Sous-Marine

l'étude de la conversion sur le talus côtier, des ondes acoustiques se propageant dans le canal SOFAR²⁴ ; condition de génération des ondes T en fonction de la pente et de la sédimentation du talus (Nardin *et al.*, 1997 ; Piserchia *et al.*, 1998a ; Piserchia *et al.* ; 1998b) – Coordination de la campagne RINALIG menée conjointement avec le groupe GEMCO à Villefranche-sur-Mer (J. Deverchère), la DCN au Bruscat (J.-R. Hartmann), le CEPHAG à Grenoble (F. Glangeaud) et le CEA/LDG à Bruyères-le-Châtel (Y. Cansi). Déploiement de 4 OBS du groupe GEMCO, de 5 stations sismométriques du Réseau Accélérométrique Mobile (RAM) de l'INSU et d'une antenne courte période dans l'enceinte de l'abbaye cistercienne de Lerins, sur l'île de Saint-Honorat au large de Canne, dans le but d'étudier la conversion des ondes acoustiques sur le talus côtier, conversion conditionnant l'existence des ondes T. Cette expérience a constitué la partie expérimentale du travail de thèse de *Pierre-Franck Piserchia* portant sur la modélisation numérique des ondes T ; thèse soutenue à l'Université de Nice – Sophia-Antipolis le 4 mai 1998.

Financement : INSU

- **Entre avril et mai 1998** : Coordination de la campagne d'ANNOT. Déploiement de 4 antennes denses sur 4 structures géologiques différentes, présentant une topographie plane (sites de Méailles, Allons, Ubraye et Saint-Benoît, repérés par Christophe Larroque) dans le but de caractériser l'influence régionale et de la discriminer de l'effet de site local dans le contenu des ondes reçues pour des séismes régionaux. Sur la base de ces données, la thèse d'*Estelle Schisselé* a permis le développement d'outils d'analyse permettant d'améliorer la capacité de séparation des ondes, de mettre en évidence l'influence régionale dans l'énergie sismique reçue et de montrer que l'influence régionale peut être oblitérée par la réponse locale ; thèse soutenue à l'Université de Nice – Sophia-Antipolis le 12 novembre 2002.

Financement : INSU

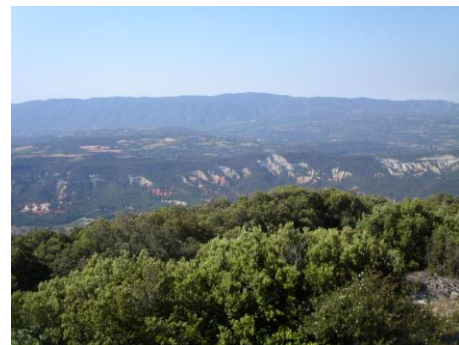
- **Entre 2002 et 2005** : Déploiement de l'instrumentation sismologique de l'antenne large bande 3D installée au LSBB.

Financement : CEADASE, MESR, Région PACA

- **Avril 2006** : Coordination de la campagne INTERIMAGES.



Les membres de l'équipe après la réalisation de tous les tirs. Un peu de détente à l'ombre des platanes sur la place de Rustrel



Vue vers le sud depuis le sommet du profil, sur le cañon du Colorado de Rustrel au premier plan et sur le Luberon et le Mourre Nègre à l'horizon

2 objectifs : (a) obtenir un modèle de référence pour les vitesses de propagation des ondes P et S au LSBB et (b) permettre l'étude des variations des effets de site d'origine topographique en fonction de la saturation en eau du milieu sous-jacent. Cette expérience a mobilisé le parc IHR de l'INSU, les parcs sismiques de Pau, Orsay, Toulouse et Grenoble qui ont permis de déployer 189 capteurs en surface et 150

²⁴ SOFAR channel : « Sound Fixing and Ranging channel » (Ewing M. and J.L. Worzel (1948) Propagation of Sound in the Ocean – Geological Society of America Memoir 27)

géophones en galerie pour enregistrer 100 tirs de 150 g_{TNT}. L'analyse des données acquises fait partie intégrante du travail de thèse d'Emeline Maufroy, soutenance prévue à l'Université de Nice – Sophia-Antipolis en 2009.

Financement : BQR Université de Nice – Sophia-Antipolis, UMR Géosciences Azur, LSBB, Consortium SEISCOPE

Interimages

s'est déroulée en 3 étapes classiques dont le cumul des efforts a mobilisé plus de 40 personnes en galerie et en surface sur une pente à 30%.

A – 12 semaines de préparation du terrain (« amenée »)



En surface

- Trouée de 800 m sous la forêt de chênes verts et de chênes pubescents à l'aplomb de la galerie principale du LSBB : tracé de l'alignement N178°, débroussaillage, élagage (3 semaines)
- Positionnement des 189 capteurs tous les 4 m, creusement au marteau et burin de leurs embases (3 semaines)
- Hélicoptage du ciment, eau et bidons pour couler dans les embases les « buses » sismiques, abris des capteurs (2 semaines)

- Hélicoptage d'un compresseur d'air pour effectuer les carottages des forages des 100 tirs prévus tous les 8 m (3 semaines)
- Hélicoptage des 27 stations du réseau IHR : 2 batteries, 2 panneaux solaires, capteur 3 axes et 6 capteurs verticaux, numériseur Osiris, antennes WIFI, GPS, câbles et bâche protectrice (2 semaines)



En galerie

- Retournement des 150 géophones à installer tête en bas (2 semaines)
- Scellement et vissage au plafond de la galerie des géophones



B – 4 jours de tirs

- Synchronisation des tirs et acquisitions en surface et galerie (1 jour)
- Séquence de 100 tirs de 150 g_{TNT} avant la date limite de présence en forêt du plan de prévention des risques incendie (3 jours)

C – 2 semaines de démontage (« repli »)

- Repliement hélicoptage du matériel de surface (1 semaine)
- Démontage et repliement du matériel sismique en galerie
- Tri, nettoyage, colisage (1 semaine)

Participants à la préparation du terrain, amenée et repli du matériel (a), à la réalisation des jours de tirs (b) et aux premiers traitements des données sismiques dans le cadre de la thèse d'Emeline Maufroy (c) : Agrinier J.-P.^(1,a), M. Auguste^(5,a), P. Barroy^(5,a,c), P. Batty^(14,a), C. Beauval^(1,a), R. Blancon^(6,a,b), T. Blondel^(6,a), C. Bordes^(2,a), D. Boyer^(5,a,b), A. Cavaillou^(5,a,b), O. Coustant^(4,a), V.M. Cruz Atienza^(7,c), P. Deshayes^(1,a), O. Desprez de Gésincourt^(1,a), M. Dietrich^(4,a,b), F. Doré^(4,a,b), S. El Bedoui^(1,a), C. Emblanch^(6,a), F. Foulaz^(8,a), S. Gaffet^(1,5,a,b,c), J.-M. Genechesi^(8,a), S. Gignoux^(6,a), M. Godano^(1,a), Y. Gomé^(9,a), Y. Guglielmi^(15,c), R. Guiguet^(4,a,b), J. Isaña^(14,a), L. Jouniaux^(10,a,b), S. Judenherc^(13,a,b), E. Maufroy^(1,c), G. Marquis^(10,b), J.-M. Martin^(4,a,b), P.-D. Matthey^(10,a), M. Milano^(1,a,b), F. Mirande^(9,a), T. Monfret^(1,a), B. Navarro^(8,a), S. Operto^(1,c), M. Pernoud^(11,a,b), G. Plauche^(16,a,b), E. Pozzo di Borgo^(6,a,b), B. Régent^(12,a), X. Reverdy-Théveniaud^(1,a), A. Ribodetti^(1,c), L. Roubiou^(13,a,b), S. Rousset^(4,a,b), D. Rousset^(2,a,b), L. Sanchez^(4,b), G. Sénéchal^(2,a,b), S. Vidal^(11,a,b), G. Waysand^(5,c), H. Zeyen^(3,a,b)

(1) Laboratoire Géosciences Azur, UMR 6526 UNSA/CNRS/OCA, Sophia Antipolis (2) Laboratoire de Modélisation et Imagerie en Géosciences, UMR 5212 CNRS/TOTAL/UPPA, Pau (3) Laboratoire Interactions et Dynamique des Environnements de Surface, UMR 8148 CNRS/UP, Orsay (4) Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique, UMR 5559 CNRS/UJF/OSUG/IRD/LCPC/Université de Savoie (5) Laboratoire Souterrain à Bas Bruit, UNS/CNRS/OCA (6) EMMAH Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes, UMR 1114 UAPV/INRA (7) Institut de Géophysique, UNAM, Mexico (8) Hélicoptère de France Tallard (9) GEOLITHE: Bureau d'Ingénieurs-Conseils en géologie, géophysique et géotechnique, Grenoble (10) Institut de Physique du Globe de Strasbourg, UMR 7516 CNRS/INSU/ULP/EOST (11) Equipe de Recherche "Risques Sismiques", Centre d'Etude Technique de l'Équipement, Nice (12) Laboratoire Déformation Écoulements Transfert, EA 2642 Université de Franche-Comté (13) Agecodagis SARL, Rieux-Volvestre (14) Private participation (15) Laboratoire Géologie des Surface et Réservoirs Carbonatés, Université de Provence (16) ONF

- **Année 2009** : Coordination avec Gilles Bogaert (UMR Artemis, OCA) et Pierre Salin (UMS Galilée, OCA) du projet « Tomographie Densitométrique Temporelle par Mesure des Muons » T2DM2 : L'objectif de ce projet est de développer un nouveau champ de mesures dans le domaine des géosciences, à l'aide de détecteurs issus de la physique des particules permettant une *muographie* de la *sub*-surface sur quelques centaines de mètres d'épaisseur. Nous proposons de développer la méthodologie (instrumentation, mesure, protocole de mesure, modélisation directe et inversion tomographique), nécessaire **(i)** à la cartographie densitométrique d'un massif, et **(ii)** à la mesure des variations spatiales et temporelles de la densité, variations résultant de changements de la saturation en fluide ou d'évolution de la porosité de la roche suivant son état de contrainte.

Financement : INSU & IN2P3, programme Planète et Univers

IV.2.2. Participation aux programmes

- **2003** : ACI SAMOA²⁵ – *Mon rôle* : Déploiement d'un réseau de sismomètre sur le glissement de la Clapière et analyse des données pour caractériser les variations temporelles des signaux microsismiques associés au mouvement gravitaire – **Objectifs** : Compréhension des mécanismes régissant la dynamique des mouvements gravitaires. Interactions entre les divers facteurs de contrôles, Mise en place d'un protocole d'acquisition de données en fonction de la structure considérée et constitution des bases de données multi-paramètres, multi-échelles spatiales et temporelles sur divers mouvements gravitaires aux comportements différents (Clapière, Super Sauze, Séchilienne, Médaille).

Partenaires : **(Christophe Delacourt, responsable scientifique)** Laboratoire de Sciences de la Terre, Lyon ; BRGM, Orléans ; Géosciences Azur, Sophia-Antipolis ; Géosciences, Rennes ; Ecole des Mines, Nancy ; Laboratoire de Géosciences, Besançon ; LGIT, Grenoble ; Laboratoire d'Hydrogéologie, Avignon ; Institut de Physique du Globe, Strasbourg

- **Entre 2004-2006** : GIS CURARE²⁶ (<http://curare.unice.fr>) – *Mon rôle* : Coordination de l'axe « Mouvements forts lors de séismes majeurs » du GIS – **Objectifs** : Estimer le mouvement du sol lors de l'occurrence d'un séisme majeur dans la région de Nice et de l'arrière pays. Cette estimation repose sur la fiabilisation et la sécurisation des réseaux d'observation, et nécessite la mise à disposition d'outils d'analyse, de modélisation et d'interprétation propre à diffuser la connaissance de l'impact d'un séisme.

Partenaires : **(Jean Virieux, responsable scientifique)** Université de Nice – Sophia-Antipolis, CNRS, ACRI, Ifremer, Université Pierre et Marie Curie, BRGM, IRD, CNAM

- **2007-2008** : PEPS – Inter-MAXWELL²⁷ **Réalisation** : test d'un premier protocole de mesure en vue de préparer celui qui sera utilisé au LSBB pour l'auscultation des parois rocheuses dans le cadre de l'ANR MAXWELL. Le système développé dans cette version initiale comprend 2 antennes ultra larges bandes de type ETSA (Exponential Tapered Slot Antennas) conçues et fabriquées au LEAT. Les premiers résultats ont permis de valider le protocole de mesure à impulsion synthétique pour l'imagerie radar du sous-sol. Les mesures ont été faites sur le sol calcaire d'une galerie du LSSB. Les résultats les plus significatifs concernent la profondeur d'investigation atteinte,

²⁵ ACI SAMOA : Surveillance et Auscultation des. Mouvements de Terrain Alpains

²⁶ GIS CURARE : Groupement d'Intérêt Scientifique, « Centre Universitaire de Réflexion pour la création d'une Agence des Risques Environnementaux »

²⁷ PEPS Inter-MAXWELL : Programme exploratoire pluridisciplinaire (Départements MPPU et ST2I du CNRS) destiné à soutenir financièrement une partie du travail expérimental programmé dans le cadre du projet de l'ANR MAXWELL.

supérieure à 20 m, obtenue avec une antenne ultra large bande (150 MHz à 2 GHz), et la capacité de résolution accrue du fait de la largeur de bande et de la dynamique de mesure (~120 dB) liée à l'utilisation d'analyseurs vectoriels et d'amplificateurs de puissance. La faisabilité d'une exploration utilisant plusieurs polarisations a été montrée ainsi que l'importance de l'adaptation d'impédance des antennes vis-à-vis du sol et du couplage entre antenne. Ces résultats ont permis de mieux contraindre a priori les conditions expérimentales des expériences menées dans le cadre de l'ANR MAXWELL.

Partenaires : **(Jean-Yves Dauvignac, responsable scientifique)** LEAT, Sophia-Antipolis ; University of British Columbia, Vancouver ; OCA/LSBB, Rustrel

Une rencontre

Le projet PEPS « Inter-Maxwell » est le début d'une collaboration avec l'Université de Colombie Britannique (UBC) à Vancouver. Cette collaboration est multiple, fondée sur la double compétence (électromagnétisme et géophysique) de Pr Matthew Yedlin en année sabbatique au Laboratoire d'Electronique, Antennes et Télécommunications (LEAT). Matthew a permis d'établir un pont scientifique entre le LEAT et Géosciences Azur sur les problématiques d'imagerie fine des propriétés du sous-sol en utilisant comme terrain d'expérience le site du LSBB. De discussions en projet ANR déposé, de projet déposé en expériences de terrain, d'échanges scientifiques et humains en recherche de problématiques conjointes, la collaboration s'est ouverte à un contexte plus large, de l'ingénierie souterraine à l'imagerie du cerveau, mettant en place une collaboration étroite entre les problématiques de l'UBC, le monde minier et l'environnement scientifique du LSBB au sein de l'OCA.

- **2008-2011** : ANR HPPPCO2²⁸ (<http://hppp.unice.fr>) – *Mon rôle* : coordination du projet HPPPCO2 au sein des activités du LSBB et analyse sismométrique des perturbations induites dans le milieu par la sonde – **Objectifs** : Nouvelle approche, in-situ et à une échelle intermédiaire entre celle du laboratoire et celle du réservoir, pour améliorer l'estimation des propriétés hydrauliques, mécaniques et de l'état du milieu poreux dans le système réservoir/couverture. Une source pulsée de pression est appliquée au milieu via une chambre d'injection avec enregistrement simultané, sur une large bande de fréquences [0-1000 Hz] et en profondeur, des pressions de fluide et des déformations 3D de la roche. Des expériences sont proposées sur des sites bien caractérisés, dotés d'une instrumentation permanente, où l'état de saturation du milieu poreux peut être modifié et où il est possible de pénétrer dans le cœur non altéré et sous contraintes d'un réservoir. Les expériences permettront d'appréhender les relations entre propagation des ondes sismiques et propriétés/état du milieu tout en calibrant in-situ la source hydromécanique HPPP. Ces effets poroélastiques multifréquentiels sont analysés en confrontant/développant des codes académiques à des codes commerciaux (FLAC3D et 3DEC (Itasca), TOUGH (LBNL))

Partenaires : **(Yves Guglielmi, responsable scientifique)** Laboratoire de Géologie des Systèmes Carbonatés et des Réservoirs, Marseille ; Géosciences Azur, Sophia-Antipolis ; Laboratoire de Géophysique Interne et de Tectonophysique, Grenoble ; INERIS ; SITES ; Petrometalic S.A ; Lawrence Berkeley National Laboratory ; Stanford Rock Physics and Borehole Laboratory

- **2008-2011** : ANR MAXWELL²⁹ (<http://leat.unice.fr/pages/anr-maxwell/anr-maxwell.html>) – Coordination du projet MAXWELL dans le cadre des activités du LSBB – **Objectifs** : Développement d'un système complet pour l'imagerie micro-onde

²⁸ ANR HPPPCO2 : « High-Pulse Poroelasticity Protocol for geophysical monitoring of CO2 injection in reservoirs »

²⁹ ANR MAXWELL : « Novel, ultra-wideband, bistatic, multipolarization, wide offset, microwave data acquisition, microwave imaging, and inversion for permittivity »

avec une largeur de bande de 1,87 GHz entre 130 MHz et 2 GHz. Ce système intègre la modélisation en volumes finis dans le domaine temporel et fréquentiel des équations de Maxwell qui seront utilisées dans un processus d'inversion permettant d'obtenir la cartographie de la permittivité sur une épaisseur pluri-métrique à décimétrique sous la surface. La mise au point expérimentale dans les galeries du LSBB est faite conjointement aux expériences du projet HPPPCO2. Ce dernier étudiant les propriétés in-situ, l'ANR MAXWELL cherchant à caractériser depuis la surface les perturbations induites par les injections de la sonde HPPP.

Partenaires : (Christian Pichot, responsable scientifique) Laboratoire d'Electronique Antennes et Télécommunications, Sophia-Antipolis ; Laboratoire Géosciences Azur, Sophia-Antipolis ; Laboratoire Modélisation et Imagerie en Géosciences, Pau ; INRIA/Nachos, Sophia-Antipolis

- **2009-2012** : ANR LINES³⁰ – Coordination du déploiement des différents capteurs testés dans le cadre des activités du LSBB – **Objectifs** : Développement sur la base de capteurs existants ou de prototypes, de nouveaux instruments (sismomètre et inclinomètres) basés sur la mesure interférométrique par fibre optique des mouvements. L'analyse des franges interférométriques est rendue possible en couplant la source laser au capteur mécanique par de la fibre optique dont la longueur dépendra de l'application (entre quelques dizaines de m et plusieurs km, pour des volcans ou le fond marin). Les objectifs sont
 - Détecter de manière fiable les petits précurseurs de grands événements sismiques ou volcaniques,
 - Evaluer la distribution spatio-temporelle des phases sismiques et non sismiques,
 - Suivre l'évolution de la déformation crustale dans les systèmes instables.

Partenaires : (Jean Chery, responsable scientifique) Géosciences, Montpellier ; LOSE, Toulouse ; IPG, Paris ; ESEO, Angers ; OCA/LSBB, Rustrel

³⁰ ANR LINES : « Interférométrie Laser de la déformation terrestre »

V. HORIZON 2020 : RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT

V.1. RECHERCHE

Les objectifs de recherche dans lesquels je suis engagé pour les prochaines années s'appuient principalement sur l'analyse et la valorisation des données acquises au LSBB et sur le développement de nouvelles mesures qui peuvent être mises au point au LSBB. Les données concernées sont acquises, soit par les stations d'observation permanentes (sismiques, magnétiques, hydrogéologiques notamment), soit par les projets et expériences qui se déroulent au LSBB (inclinométrie, gravimétrie). S'il est nécessaire de les classer par champs thématiques, mes objectifs de recherche concernent principalement

- La caractérisation des signatures de l'évolution temporelle des propriétés du milieu,
- La mise en évidence des processus de couplage,
- Les développements méthodologiques pour la caractérisation des champs d'ondes.

V.1.1. Objectifs

Les objectifs visés sont principalement la caractérisation de l'interaction des ondes avec le milieu et pratiquement, l'identification de la signature des paramètres conditionnant ces interactions. La réalisation de ces objectifs passe par

- Le développement de nouveaux outils d'analyse avec notamment l'analyse en antenne 3D multi-composantes et la mesure de rotation en corps rigide déduite des mouvements du massif mesurés par l'antenne 3D (Spudich & Fletcher, 2009³¹),
- Le développement de nouveaux instruments de mesure, notamment pour la densitométrie par mesure du flux de muons³², la gyroscopie, l'inclinométrie longue base³³
- L'intégration d'outils numériques et d'instruments développés dans d'autres champs scientifiques comme la sphère neutron (IN2P3) pour mesurer les variations de densité d'eau, les fonctions de Green inter-stations³⁴ et le renversement temporel (*comm. Gaffet et al.*, 2005) pour suivre l'évolution des propriétés rhéologiques.

V.1.2. Processus de couplages

Les questions auxquelles je souhaite contribuer à répondre concernent d'une part les processus de couplage entre les ondes et le milieu avec :

- L'évolution temporelle des interactions : **(i)** évolution dynamique, ou processus de couplage, associée aux sollicitations mécaniques courte période comme les vibrations sismiques ou les injections en forage (Cappa *et al.*, 2005a³⁵ ; Cappa *et al.*, 2005b ; Cappa *et al.*, 2006a ; Cappa *et al.*, 2006b³⁶), et **(ii)** évolution à plus longue

³¹ Spudich P. and J. Fletcher (2009) Software for inference of dynamic ground strains and rotations and their errors from short baseline array observations of ground motions – Bull. Seism. Soc. Am. Short Note

³² T2DM2 : projet de tomographie densitométrique temporelle par mesure de muons, projet Planète & Univers IN2P3

³³ ANR LINES : Développement et installation d'un inclinomètre longue base à mesure optique

³⁴ Stage MASTER Erasmus Mundus INRIA 2008-2009 effectué par Clara Castellanos

³⁵ Cappa F., Y. Guglielmi, P. Fenart, V.M. Soukatchoff, and A. Thoraval (2005) Hydromechanical interactions in a fractured carbonate reservoir inferred from hydraulic and mechanical measurements – Int. Journ. Rock Mech. and Mining Science 42, 287-306

³⁶ Cappa F., Y. Guglielmi, J. Rutqvist, C.-F. Tsang, and A. Thoraval (2006b) Hydromechanical modeling of pulse tests that measure both fluid pressure and fracture-normal displacement at Coaraze Laboratory Site, France – Int. J. Rock. Mech. Min. Sci., 43:1062-1082

période à l'échelle des processus saisonniers et climatiques associée aux variations des propriétés du milieu (ex. chargement hydraulique, mouvement gravitaire),

- L'évolution spatiale de ces interactions : quel est l'impact global de la variabilité latérale de la porosité et de la fracturation dans un même faciès sédimentaire **(i)** sur les processus de couplage et **(ii)** sur la propagation des ondes,
- L'endommagement interne récurrent des massifs sous sollicitation des ondes sismiques. Cet angle de recherche concerne principalement le rôle de cet endommagement sur la dynamique des mouvements gravitaires, notamment dans le cadre des études déjà menées sur le site de la Clapière dans les Alpes-Maritimes (Amitrano *et al.*, 2007 ; Gaffet *et al.*, soumis à Geophys. J. int., 2009),

V.1.3. Phénomènes induits

Les questions concernent d'autre part les phénomènes induits par le couplage des ondes avec le milieu, intervenants notamment lors de la mobilisation des fluides dans les milieux poro-fracturés, et des couplages sismo-magnéto-ionosphérique :

- Perturbations du champ magnétique par couplage magnéto-hydro-sismique (Gaffet *et al.*, 2003 ; Waysand *et al.*, 2009 ; Marfaing *et al.*, 2009, Master S. Simon, 2009),
- Perturbations de la chimie des eaux au passage des ondes sismiques (communication personnelle C. Emblanch, 2008).

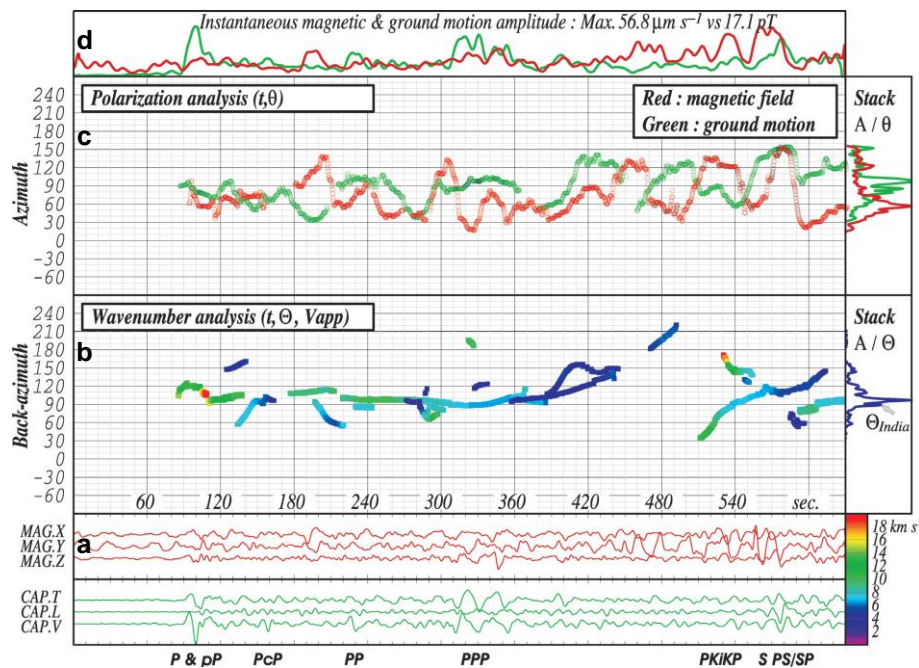


Fig. 6 : Polarisation et analyse en nombre d'onde des signaux magnétiques et sismiques filtrés dans la bande de fréquence des ondes sismiques³⁷

Ces objectifs de recherche se développeront en coordination avec les laboratoires partenaires du LSBB, dans le cadre de collaborations avec d'autres chercheurs et laboratoires, d'encadrements, de co-encadrements et de contribution au déroulement de plusieurs thèses qui ont débuté en 2008 et 2009 avec les laboratoires GIPSA-lab (Mikael Carmona, UJF) et

³⁷ **Fig. 6 :** (a) Les sismogrammes sont en vert, les magnétogrammes en rouge – (b) Azimuts d'arrivée et vitesses apparentes de passage du train d'onde P représentés en fonction du temps (l'échelle de couleur précise les vitesses de passage) – (c) polarisations horizontales sismiques et magnétiques. Les parties « stack » à droite des tracés cadres b et c représentent la distribution statistique de l'énergie en fonction de l'azimut – (d) tracé des enveloppes des ondes sismiques et magnétiques. La décorrélation des polarisations magnétique et sismique (cadre c) ainsi que le non assujettissement de la polarisation magnétique à la rotation de l'arrivée du front d'onde mise en évidence au cadre b, sont deux des arguments proposés confirmant l'observation du couplage magnéto-sismique ne résultant pas d'un simple déplacement du magnétomètre (Gaffet *et al.*, 2003).

Electrical & Computer Engineering (Daryl van Vorst, UBC), ou vont débiter en 2009 et 2010 avec les laboratoires CEA/DASE, LEAT, IDES, EMMAH (Aurore Perrineau, UAPV), Géosciences Azur (Benoît Derode, UNS).

Par ailleurs, dans le cadre de la réflexion nationale engagée par l'INSU, je souhaite continuer à contribuer au sein du groupe Géosciences Azur, à la réflexion entreprise en 2008 sur la gestion/validation/diffusion des données du projet RESIF. Dans le prolongement de cette réflexion, je participe avec les différents partenaires académiques et industriels du LSBB, à la définition des stratégies d'observation et de gestion/validation/diffusion pluri paramétriques permettant d'étudier les phénomènes couplés, notamment hydro – mécanique et magnétique sous sollicitation sismique.

V.2. MON IMPLICATION DANS LE MANAGEMENT DE LA RECHERCHE

Les axes principaux décrits ci-dessous s'inscrivent dans le contexte de direction du LSBB. Il s'agit d'un travail d'équipes pluridisciplinaires que je coordonne, en veillant à la cohérence des orientations scientifiques et techniques et en veillant à définir une identité en tant qu'infrastructure de recherche au niveau national et international :

- En coordination avec le laboratoire Géologie des Systèmes et Réservoirs Carbonatés (GSRC) de l'Université de Provence et dans le cadre du MoU signé entre l'OCA et Berkeley, je souhaite impliquer le LSBB dans la réflexion se développant dans le cadre de l'ANR CO2, visant à définir l'après ANR CO2 avec en perspective le développement au LSBB d'une plateforme méthodologique et expérimentale pour le stockage souterrain du CO₂ pour la région Sud-Est de la France.
- En coordination avec l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse et avec l'Université de Málaga, je souhaite continuer à impliquer le LSBB dans la mise en place du projet DyKARST-R2C2 concernant la « dynamique de transfert des fluides dans les karsts, pour la gestion des réserves et des ressources en eau dans le cadre du changement climatique » sur le pourtour Méditerranéen, initiative présentée conjointement à ECOMED en novembre 2008 par les laboratoires français travaillant sur l'hydrogéologie.
- En coordination avec les Universités de Berkeley et Vancouver et avec les laboratoires nationaux impliqués dans cette problématique (notamment LEAT, MIGP, IDES, Géosciences Azur, LGIT), associer les compétences et tenter d'attirer les projets pour mettre en place au LSBB un banc de test méthodologique interdisciplinaire permettant de caractériser à différentes échelles les propriétés des massifs, leurs variations temporelles, leurs dynamiques poro-élastiques et la dynamique des transferts hydraulique et chimique lors du passage des ondes sismiques.

Ces axes scientifiques majeurs auxquels je souhaite m'attacher dans le cadre du LSBB, sont développés d'une part au côté d'autres projets émergents qu'il s'agit de structurer et pour lesquels il faut trouver les financements et d'autre part au côté de projets entrant en phase opérationnelle (notamment aléa logique sur les semi-conducteurs, métrologie de l'environnement radioactif, matière cachée (SIMPLE), magnétométrie et couplages magnétiques). Pour se concrétiser, ils requièrent la mise en place d'un cadre national et international permettant une reconnaissance et une identification officielle et claire des partenaires contribuant au développement du LSBB :

- Signatures des conventions cadres entre l'OCA et les universités de la région PACA (Universités de Provence, de la Méditerranée, Paul Cézanne et d'Avignon et des Pays de Vaucluse). Les navettes avec les différents établissements ont commencé en octobre 2009 en coordination avec M Farrokh Vakili, Directeur de l'OCA,
- Coordination avec LBNL et UBC, dans le cadre des accords scientifiques signés, dans le but de concrétiser l'association entre DUSEL et LSBB en développant et

mettant en ordre de marche le réseau international des laboratoires souterrains interdisciplinaires. Ce projet a été présenté et discuté pendant la conférence AGU'2008, présenté à la conférence SINOROCK'2009 et DUSEL et LSBB souhaitent en initier le processus à l'occasion de la troisième conférence *i*-DUST qui sera organisée au printemps 2010 à Rustrel et lors du congrès EUROROCK en juin 2010 à Lausanne.

Malgré un contexte économique difficile, je souhaite continuer à m'impliquer avec Christophe Sudre (Chargé de la communication et de la valorisation du LSBB) pour améliorer la visibilité du LSBB en tant que moyen d'essai et de R&D vis-à-vis des industriels. Cette démarche requiert une grande mobilité pour répondre aux évolutions de la R&D en temps réel, elle peut prendre des formes diverses comme en s'inscrivant dans la démarche initiée la communauté des communes du Pays d'Apt (CCPA), de création d'un pôle industriel et technologique sur son territoire et en continuant également à développer le partenariat sur des programmes de R&D du type de ceux déjà présents au LSBB.

V.3. ENSEIGNEMENT

Différentes actions ayant traités à la formation ou à l'enseignement ont été envisagées, parfois discutées de façon informelle, dans le cadre des visites et des réunions qui se déroulent dans le périmètre du LSBB. Il ressort actuellement 3 directions fortes auxquelles je souhaite m'attacher à donner corps au travers des activités du LSBB :

- Formaliser l'accueil des stages de terrain au LSBB pour les universités (ex. Université de Provence pour les aspects plateforme carbonatée)
- Formaliser l'accueil des stages des élèves géomètres et des ingénieurs de l'ENSG à Marne-la-Vallée
- Concrétiser les discussions initiées en 2008 avec le lycée d'Apt pour la prise en main au niveau local d'une station du « Sismo des écoles »
- Développer l'association du LSBB au projet pédagogique auquel participent les enfants de l'école primaire du Rustrel pour la découverte du laboratoire (<http://rustrel.free.fr/>)

VI. HORIZON 2020 : LE LSBB ET L'ENJEU DE L'INTERDISCIPLINARITE

VI.1. MON IMPLICATION DANS LA STRUCTURATION DU LSBB



Le développement du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit de Rustrel – Pays d'Apt (LSBB, <http://lsbb.oca>), implanté en région PACA, s'est inscrit dans une démarche scientifique à laquelle j'ai adhéré depuis 1999, permettant d'associer les disciplines scientifiques pour l'étude des processus couplés. Cette démarche s'est

réalisée en 2 étapes

- La première, sous l'impulsion et la direction de Georges Waysand³⁸, dès 1997 et jusqu'en août 2006 a permis la création du LSBB et la mise en évidence de l'intérêt interdisciplinaire du LSBB,
- La seconde, sous ma direction, depuis janvier 2004, avec un transfert de responsabilités progressif avec Georges Waysand jusqu'en août 2006, a permis d'affirmer l'identité du LSBB, de le structurer au niveau national et de le positionner dans le paysage national, européen et international avec l'attraction et la réalisation de projets scientifiques et technologiques et la mise en place de conventions de collaborations industrielles et académiques.

VI.1.1. *Un peu d'histoire*

En février 1996, M Jacques Chirac, Président de la République, a décidé, « le retrait du service de la composante sol-sol du plateau d'Albion dont les missions ne se justifient plus dans le contexte actuel et dont la modernisation aurait été, en tout état de cause, extrêmement coûteuse » (Allocution aux armées prononcée à l'Ecole Militaire à Paris le vendredi 23 février 1996). Le démantèlement du système GMS (groupement des missiles stratégiques) du plateau d'Albion a débuté en 1996 et s'est terminé en 1998 (Loi de programmation militaire 1997-2002 adoptée le 20 juin 1996 au Sénat)

La conversion PCT1 de Rustrel en laboratoire de recherche académique a commencé en mai 1997 sous l'impulsion et l'intuition scientifique de Georges Waysand (Groupe de Physique des Solides, universités Pierre et Marie Curie – Paris 6 et Denis Diderot – Paris 7). Cette reconversion a été rendue possible avec les concours de l'Armée de l'Air, des élus de la communauté des communes du pays d'Apt, du département de Vaucluse et de la région Provence – Alpes – Côte d'Azur (PACA), des universités de la région PACA, de l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA), du Département Analyse et Surveillance de l'Environnement (DASE) du CEA, de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU) du CNRS, et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.

La complexité et la durée des faits, leurs enchaînements, leurs rebonds et leurs interactions qui construisent cette histoire, associant intuition scientifique, conviction politique, intérêt économique et émergence d'un groupe de scientifiques solidaires, mériteraient plus que ces quelques lignes, un écrit à part entière pour rendre compte de l'articulation et du travail de coordination de toutes les facettes de cette aventure humaine et scientifique.

A titre d'exemple, consciente des enjeux de réussir la reconversion du système d'arme du plateau d'Albion, le Ministère de la Défense a permis à l'armée de l'air de maintenir dès 1997, 4 sous-officiers sur place pour assurer le fonctionnement, la maintenance, la sécurité et la capacité de reconversion du site à des fins scientifiques et technologiques. Devant

³⁸ Directeur de recherche au laboratoire Groupe de Physique des Solides, UMR 7588 UPMC P6/Denis Diderot P7/CNRS, devenu Institut des Nano Sciences de Paris, UMR 7588 UPMC P6/CNRS en 2005

l'incertitude du devenir du LSBB, l'un des 4 sous-officiers a quitté l'aventure en 1998. 2 des sous-officiers, MM Alain Cavaillou et Daniel Boyer, ont enfin basculé du Ministère de la Défense sur 2 postes d'Ingénieurs d'Etudes du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, postes gagés sur crédits de l'état et affectés à l'Université de Nice – Sophia-Antipolis en 2007.

Une aventure humaine

Entre 1997 et 2007, il a fallu 10 ans pour créer les 2 postes qui devaient accueillir 2 des sous-officiers à l'Université de Nice – Sophia-Antipolis.

Cette création était cruciale pour le LSBB car elle garantissait de pérenniser le savoir-faire pour le fonctionnement et la maintenance de l'infrastructure LSBB. Pendant ces 10 années, il a fallu préserver l'infrastructure et le personnel, explorer le potentiel scientifique et technique du site et construire son projet en travaillant successivement, directement ou indirectement, avec 7 ministres de l'enseignement supérieur³⁹, 3 ministres de la Défense⁴⁰ et plusieurs généraux commandant la région aérienne Sud dont dépendait le système d'arme. Parmi eux, le Général Daniel Bastien et le Général Patrice Klein ont été décisifs dans la résolution de la problématique des postes des sous-officiers mis à disposition du LSBB.

La stabilisation des postes a bénéficié de multiples soutiens politiques, scientifiques et humains tout au long de ces 10 années et de l'adhésion forte du Ministère de la défense à l'objectif de réussir complètement la reconversion de l'infrastructure tout autant que celle de ses personnels. Le 12 septembre 2002, les présidents des universités d'Avignon et des Pays de Vaucluse, de Provence, de Méditerranée, Paul Cézanne et de Nice – Sophia-Antipolis ont co-signé une lettre affirmant leur soutien à la pérennisation du LSBB et demandant à Mme Claudie Haigneré, Ministre déléguée à la recherche et aux nouvelles technologies, la création de 2 postes d'ingénieurs d'études pour accueillir 2 des sous-officiers. Les 2 postes, gagés sur crédits d'état, ont été créés le 14 septembre 2002. Malgré cette avancée, nous ne pouvions encore apercevoir le bout du tunnel.

Il a fallu 5 ans de plus pour trouver le moyen d'effectuer la bascule, 5 ans d'incertitudes quant aux devenirs des personnes concernées et quant à l'avenir du Laboratoire, 5 ans de soutiens forts et constants (notamment du Sénateur de Vaucluse, M Alain Duffaut) mais aussi d'aléas politiques, d'incompréhension, de remise en cause, de réflexion dans un climat national de plus en plus fortement orienté à la restructuration de la recherche et de l'enseignement supérieur, dans lequel le LSBB devait trouver son chemin et définir son image, dans un paysage en permanente mutation.

La bascule des postes a pu être concrétisée en 2007 grâce au travail de Nicole Aballéa, alors chargée de mission à l'UNS sous la présidence d'Albert Marouani, elle a renoué les fils de l'histoire, fait dialoguer le Ministère de la Défense et le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, tous 2 parfaitement au fait du problème posé mais ne sachant comment le résoudre, et réussi à concrétiser la mise en place hors contingent de l'UNS des 2 postes d'ingénieurs d'Etudes, gagés à l'université de Nice – Sophia-Antipolis. Postes ouverts sur lesquels ont pu concourir Alain Cavaillou et Daniel Boyer.

Il reste maintenant à stabiliser au niveau du CNRS le poste temporaire que l'INSU a ouvert au 1^{er} septembre 2009 pour une durée de 3 ans.

Le 3^{ème} sous-officier, M Michel Auguste, est parti en retraite au 31 décembre 2008. Son poste est remplacé par un CDD occupé par M Julien Poupény mis en place par l'INSU pour une durée de 3 ans à compter du 1er septembre 2009. Le LSBB emploie Michel à mi-temps sur fond propre pour assurer la formation de Julien au fonctionnement de l'ensemble du système.

Le LSBB a été dans une première phase rattaché à l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse jusqu'en 2003, puis à l'Université de Nice – Sophia-Antipolis de 2004 à 2007 dans

³⁹ 4 juin 1997 - 27 mars 2000 : Claude Allègre – 27 mars 2000 - 6 mai 2002 : Roger-Gérard Schwartzberg – 6 mai 2002 - 17 juin 2002 : François Loos – 17 juin 2002 - 31 mars 2004 : Claudie Haigneré – 31 mars 2004 - 31 mai 2005 : François d'Aubert – 3 juin 2005 - 15 mai 2007 : François Goulard – 18 mai 2007 - ... : Valérie Pecresse

⁴⁰ 3 juin 1997 - 7 mai 2002 : Alain Richard – 7 mai 2002 - 15 mai 2007 : Michèle Alliot-Marie – 18 mai 2007 : Hervé Morin

le cadre du PPF « Magnéto-Hydro-Sismique ». Depuis 2008, le LSBB est rattaché à l'Observatoire de la Côte d'Azur sous les tutelles de l'Université de Nice – Sophia-Antipolis, du CNRS et de l'OCA.

Un pari scientifique

En 2003, face à la complexité du dossier, l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse a refusé de porter le PPF « magnéto-hydro-sismique » dont la vocation était de donner les moyens au LSBB de structurer son projet scientifique, Mme Geneviève Gourdet, Présidente de l'Université de Nice – Sophia-Antipolis a proposé au Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche, de porter ce PPF pour les 4 années à venir (2004-2007). Cet engagement fort, basé sur les avis scientifiques convaincus de Jean Virieux et Jean-François Stéphan, Professeurs de l'UNS a donné au LSBB le temps nécessaire pour définir son projet et pour identifier son rôle spécifique au sein de la communauté nationale, européenne et internationale.

VI.1.2. Une évolution nationale, européenne et internationale

En m'appuyant sur les collaborations mises en place avec le Département des Sciences de la Terre (LBNL/ESD) à Berkeley, au travers des projets de recherche sur la dynamique des processus poro-élastiques développés par Yves Guglielmi et Frédéric Cappa au sein de Géosciences Azur, une coopération entre LBNL, DUSEL⁴¹ et le LSBB s'est initiée lors de la deuxième conférence i-DUST à Rustrel en avril 2008. L'objet de cette association est le développement d'actions communes dans les domaines géologie, géophysique, hydrogéologie, et mécanique des roches (THMBC) notamment et la coordination des projets de recherche qui pourront être mis en place conjointement entre les laboratoires. Ces discussions se sont concrétisées en février 2009 par la signature d'un *Memorandum of Understanding (MoU)* entre LBNL/ESD et OCA sur la base des projets mis en œuvre au LSBB, ainsi que par la mise en place d'une stratégie commune de présentation des laboratoires (Gaffet & Wang, 2009) pour les domaines concernés.

Une démarche similaire a abouti en septembre 2009, en coordination avec Pr Matthew Yedlin, de l'Université de Colombie Britannique à Vancouver (Canada) à la signature d'un *Statement of Collaboration* pour tout ce qui concerne les processus impliquant ou produisant un couplage avec le champ magnétique, que ces processus se déroulent dans la Terre solide, dans l'enveloppe externe de la Terre ou au niveau biologique.

La période 2004-2007 s'est déroulée dans le cadre du PPF⁴² « Magnéto – Hydro – Sismique » porté par l'Université de Nice – Sophia-Antipolis (UNS). Pendant cette période, en tant que Directeur-adjoint puis comme Directeur du LSBB depuis septembre 2006, en association avec le conseil de laboratoire⁴³ et l'ensemble des partenaires (Cf. §VI.2), nous avons travaillé à définir l'identité du LSBB et à le positionner sur ses spécificités scientifiques, techniques et environnementales. L'évolution du LSBB se poursuit, labellisé *Site Instrumenté* par l'INSU en juillet 2009, il faut parmi ses prochains objectifs faire évoluer son pilotage scientifique dans le but d'intégrer et de reconnaître structurellement les contributions de ses partenaires, notamment universitaires.

Durant la période quadriennale 2008-2011, les établissements de rattachement du LSBB sont l'Université de Nice Sophia-Antipolis, le CNRS/INSU, et l'Observatoire de la Côte d'Azur

⁴¹ DUSEL : « *Deep Underground Science and Engineering Laboratory* », laboratoire situé dans une ancienne mine dans le Sud Dakota aux Etats-Unis (<http://www.lbl.gov/nsd/homestake>)

⁴² PPF : Plan Pluri Formation, label donné par le MESR pour gérer un programme de recherche ou un équipement spécifique associant plusieurs laboratoires de recherche

⁴³ Le conseil de laboratoire du LSBB, comprend depuis septembre 2009 : Jannie MARFAING, correspondante du LSBB auprès de la région PACA, Karine CASTELLANI (IM2NP, Marseille), Yves TRAVI, Christophe EMBLANCH, Elisabeth POZZO DI BORGO, Rémi BLANCON (EMMAH, Avignon), Frédéric CAPPÀ, Stéphane GAFFET (Géosciences Azur, Sophia-Antipolis) Yves GUGLIELMI (GSRC, Marseille), Philippe DUMAS (CRMCN, Marseille), Pascal Fèbvre (IMEP-LAHC, Chambéry), Daniel BOYER, Alain CAVAILLOU, Christophe SUDRE (LSBB, Rustrel)

dont le Conseil Scientifique est l'organe de décision de la politique scientifique du Laboratoire.

VI.2. UNE IDENTITE SPECIFIQUE POUR LE LSBB

L'évolution du LSBB, les discussions et les phases de réflexions multiples, les projets et les observations qui s'y déroulent ont permis de projeter l'identité du LSBB sur la base de 6 facettes différentes que l'on peut appréhender différemment selon l'approche. Ces facettes décrivent des caractéristiques qui font du LSBB un laboratoire unique que nous spécifions sous le sigle *i-DUST* pour « *inter-Disciplinary Underground Science & Technology* ».

VI.2.1. Un laboratoire pluridisciplinaire

Le LSBB est ouvert sur la recherche académique et industrielle nationale, européenne et internationale (<http://lsbb.oca.eu>) **pour favoriser autour de projets pluridisciplinaires, la mise en commun des savoirs et des techniques pour innover et accroître la connaissance** en interagissant notamment dans les champs suivants :

- Sismologie large bande (antenne 3D, bas bruit anthropique)
- Géophysique (imagerie sismique et EM, couplages magnéto-hydro-sismique, ...)
- Imagerie temporelle (sismique et électromagnétique, ...)
- Hydrogéologie des karsts (hydrodynamique, hydrochimie, météorologie, ...)
- Thermo-Hydro-Mécanique des roches (déformation, pression, inclinométrie, gravimétrie, température ...)
- Aléa radioactif (interaction particule vs électronique, radon, neutron, gamma, ...)
- Physique (Matière cachée de l'Univers, ...)
- Métrologie (forage, capteur FO⁴⁴, détecteur de particules, magnétométrie, ...)

VI.2.2. Un observatoire pluridisciplinaire

Le LSBB produit de façon continue des données libres d'accès (<http://lsbb.oca.eu>, rubrique « *accès aux données* ») pour (a) fournir des observations de qualités et (b) permettre un suivi continu de l'environnement des expériences se déroulant au LSBB.

- **Observation sismologique** avec une antenne sismométrique 3D formée de 6 capteurs Streckeisen vélocimétriques de type STS2 (Gaffet *et al.*, 2003), distribuée suivant différents canaux :
 - Avec une mise à disposition quotidienne à partir de la page WEB du LSBB (<http://lsbb.oca.eu>),
 - Avec un transfert en temps quasi-réel suivant le protocole *SeedLink*⁴⁵ du LSBB vers l'UMR Géosciences Azur,
 - Avec un transfert en temps quasi-réel suivant le protocole *SeedLink* de Géosciences Azur vers ORFEUS⁴⁶ (RUSF_01, 03, 04, 05, 06 and 07, lien <http://www.orfeus-eu.org/Data-info/orbstats.html>),

⁴⁴ FO : Fibre optique. Capteurs développés notamment dans les ANR HPPPCO2 et LINES

⁴⁵ Voir <http://www.iris.washington.edu/data/dmc-seedlink.htm> : The SeedLink (SEED : Standard for the Exchange of Earthquake Data) protocol is a robust data transmission intended for use on the Internet or private circuits that support TCP/IP. The protocol is robust in that clients may disconnect and reconnect without losing data; the transmission is started where it ended. Requested data streams may be limited to specific networks, stations, locations and/or channels. All data packets are 512-byte Mini-SEED records. Enhancements to the SeedLink protocol supported by the DMC's server allow network and station codes to be wildcarded in addition to the location and channel codes.

- Avec un transfert en temps quasi-réel suivant le protocole *SeedLink* de Géosciences Azur vers IRIS⁴⁷ (RUSF_01, 03, 04, 05, 06, 07, lien http://www.iris.washington.edu/bud_stuff/bud/bud_start.pl?BUDDIR=/budnas/virtualnets/ALL,
- Via l'autoDRM⁴⁸ mis en place à Géosciences Azur par Christophe Maron (autodrm@geoazur.unice.fr),
- Via le serveur WEB mis en place à Géosciences Azur par Christophe Maron (<http://websismo.unice.fr>),
- Via Fosfore, au travers de NetDC⁴⁹ au niveau national (netdc@ipgp.jussieu.fr, netdc@geoazur.unice.fr),
- **Observation inclinométrique** avec une antenne de 6 inclinomètres biaxes,
- **Observation magnétométrique** avec un magnétomètre supraconducteur vectoriel SQUID²⁵⁰ (Henry *et al.*, 2008⁵¹ ; Marfaing *et al.*, 2009 ; Waysand *et al.* 2009). Les mesures sont accessibles avec une mise à disposition quotidienne à partir de la page WEB du LSBB (<http://lsbb.oca.eu>)
- **Observation hydrogéologique** avec un suivi continu approximativement hebdomadaire de 5 écoulements pérennes (Garry, 2007⁵², Blondel, 2008⁵³, thèse 2009-2012)
- **Observation des particules** (Bouchiat, 2003⁵⁴) avec notamment un suivi permanent du rayonnement gamma et neutron en surface (Réseau TELERAY) en coopération avec IRSN), du radon en galerie et des flux de neutron et de muons en galerie (coopération Industrielle et projet T2DM2 de l'IN2P3).

⁴⁶ ORFEUS : Observatories and Research Facilities for European Seismology (<http://www.orfeus-eu.org>)

⁴⁷ IRIS : Incorporated Research Institutions for Seismology (<http://www.iris.washington.edu>)

⁴⁸ AutoDRM : Automatic Data Request Manager (<http://www.seismo.ethz.ch/autodrm>) autoDRM is a software package, that allows anyone with access to electronic mail to retrieve data from the site where such an AutoDRM is installed (Kradolfer U. (1993) Automating the Exchange of Earthquake Information – EOS Trans. Amer. Geophys. U. 74, 442,444-445 ; Kradolfer U. (1996) AutoDRM – The First Five Years – Seism. Res. Let. 67, 30-33)

⁴⁹ NetDC : Networked Data Center Protocol. NetDC is a data request system that allows a user to request seismological information from multiple data centers through a single email form. Information is delivered to the user through email and FTP in a uniform digital or text format.

⁵⁰ SQUID² : “Superconducting QUantum Interferometric Device” with “Shielding QUALified for Ionosphere Detection”. Le système de magnétomètres du LSBB est la combinaison d'un magnétomètre 3 axes à SQUIDs avec le blindage souterrain électromagnétique exceptionnel qui agit comme un filtre passe-bas et assure un niveau de bruit inférieur à 3 femto-Tesla / \sqrt{Hz} soit 100 fois moins qu'un cerveau humain dans la phase la plus calme de son sommeil au-dessus de 40 Hz. Les risques de saturation par les parasites électromagnétiques sont ainsi écartés

⁵¹ Henry S., H. Kraus, M. Malek, V.B. Mikhailik, and G. Waysand (2008) SQUID magnetometry for the cryoEDM experiment – Tests at LSBB – J. inst. 3 P11003, doi: 10.1088/1748-0221/3/11/P11003

⁵² Garry B. (2007) Etude des processus d'écoulements de la Zone Non Saturée pour la modélisation des aquifères karstiques. Expérimentation hydrodynamique et hydrochimique sur le site du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit de Rustrel et de Fontaine-de-Vaucluse – Thèse soutenue le 3 juillet 2007, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, mention Hydrogéologie.

⁵³ Blondel T. (2008) Traçage spatial et temporel des eaux souterraines dans les hydrosystèmes karstiques par les matières organiques dissoutes. Expérimentation et application sur les sites du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB) de Rustrel – Pays d'Apt et de Fontaine de Vaucluse – Thèse soutenue le 10 décembre 2008, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, mention hydrogéologie

⁵⁴ Bouchiat C. (2003) Possible Observation of Nuclear Reactor Neutrinos Near the Oscillation Absolute Minimum – arXiv:hep-ph/0304253v1, 27 Apr 2003

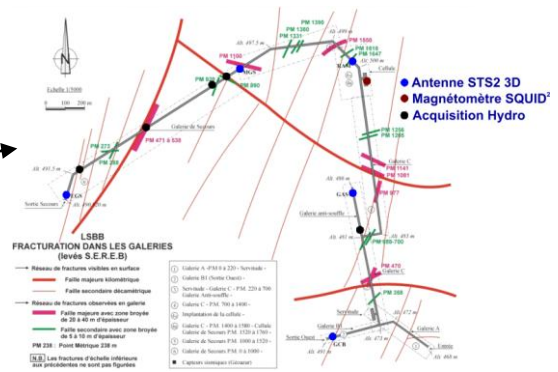
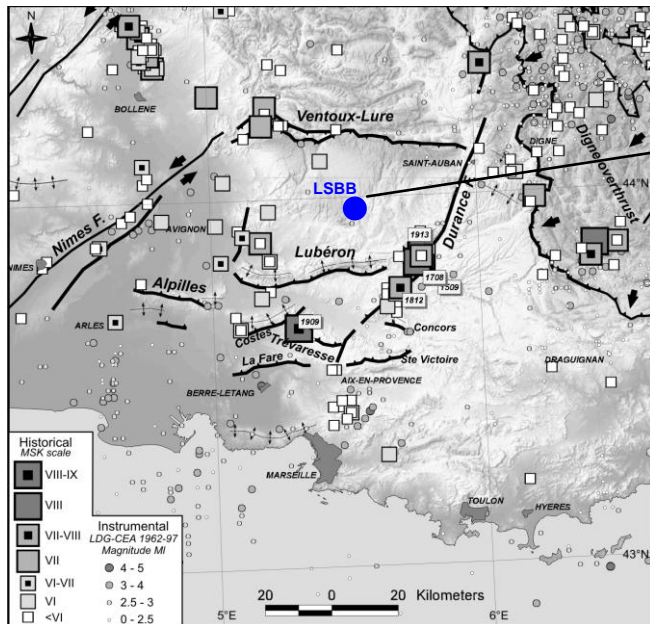


Fig. 7 : (A gauche) Localisation du LSBB au cœur des systèmes de failles de Provence (Figure extraite de Baroux et al. (2003⁵⁵), (Ci-dessus) synoptique de l'organisation de la fracturation à l'échelle du LSBB et point de mesures permanents

VI.2.3. Une entité géologique privilégiée

Le LSBB bénéficie d'un environnement naturel unique avec un faible impact anthropique permettant d'accéder conjointement :

- Au sein d'une **plateforme carbonatée**, analogue des champs pétrolifères du-Moyen-Orient (Jurgawczynski, 2007⁵⁶ ; <http://hppp.unice.fr> ; thèse Pierre Jeanne 2008-2011, université de Provence),
- A la **zone non saturée du karst** de l'aquifère de Fontaine-de-Vaucluse (Garry et al., 2008⁵⁷),
- Au cœur du **dispositif des grandes failles sismogènes de Provence**.

VI.2.4. Une infrastructure offrant des moyens d'essais

L'infrastructure du LSBB, en surface (Lieu-dit la Grande Montagne) et en souterrain avec notamment un accès horizontal, une profondeur variable, des galeries d'extension hectométrique à kilométrique, une salle blanche, un espace blindé électro-magnétiquement, un équipement permettant de disposer en tout point, aussi bien en profondeur qu'en surface de l'énergie, téléphonie, Internet par fibre Optique, et de la distribution des trames GPS, norme NMEA⁵⁸, permet d'accueillir

⁵⁵ Baroux E., N.A. Pino, G. Valensise, O. Scotti, and M.E. Cushing (2003) Source parameters of the 11 June 1909, Lambesc (Provence, southeastern France) earthquake: A reappraisal based on macroseismic, seismological, and geodetic observations – J. Geophys. Res. 108 B9, 2454, 23 pp

⁵⁶ Jurgawczynski M. (2007) predicting absolute and relative permeabilities of carbonate rocks using image analysis and effective medium theory – PhD of the University of London and the Diploma of Imperial College, Department of Earth Science and Engineering, (§5.3 & §5.3)

⁵⁷ Garry B., T. Blondel, C. Emblanch, C. Sudre, S. Bilgot, A. Cacaillou, D. Boyer, and M. Auguste (2008) Contribution of artificial galleries to the knowledge of karstic system behaviour in addition to natural cavern data – Int. J. Speleology 37, 75-82

⁵⁸ NMEA : National Marine Electronics Association, norme permettant le codage d'information ASCII pour la communication des instruments de navigation, notamment GPS.

- **La recherche et bancs de qualification industriels** (Lesea *et al.*, 2005⁵⁹ ;Lesea *et al.*, 2007⁶⁰ ; Lesea *et al.*, 2008⁶¹)
- **La recherche académique** (Collar *et al.*, 2000a⁶² ; Collar *et al.*, 2000b⁶³ ; Waysand *et al.*, 2000⁶⁴ ; Bordes, 2005⁶⁵ ; Girard *et al.*, 2005⁶⁶ ; Bordes *et al.*, 2006⁶⁷ ; Jouniaux, 2007⁶⁸ ; Girard & Giuliani, 2007⁶⁹ ; Bordes, 2008 ; Castellani *et al.*, 2008⁷⁰ ; Felizardo *et al.*, 2008⁷¹ ; Lesea *et al.*, 2008⁷² ; ANR HPPPCO2 – <http://hppp.unice.fr>)
- **Les tests de nouveaux instruments de mesure** (Schultze *et al.*, 2002⁷³ ; Yedlin *et al.*, 2009; Reich *et al.*, 2008⁷⁴ ; Ebert *et al.*, 2008⁷⁵ ; Henry *et al.*, 2008⁷⁶ ; ANR MAXWELL – <http://leat.unice.fr/pages/anr-maxwell/anr-maxwell.html>, ANR LINES, Téléscopes à muons T2DM2)

-
- ⁵⁹ Lesea A., S. Drimer, J.J. Fabula, C. Carmichael, and P. Alfke (2005) The Rosetta experiment: atmospheric soft error rate testing in differing technology FPGAs – IEE trans. On device and materials reliability (T-DMR) 5, 317-328
- ⁶⁰ Lesea A., K. Castellani, G. Waysand, J. Le Mauff, and C. Sudre (2007) Qualification Methodology of Sub-Micron ICs in the Low Noise Underground Laboratory of Rustrel – Radiation and its Effects on Components and Systems (RA-DECS) 2007, 10-14 septembre 2007, Deauville, France. Proc. IEEE 350-355
- ⁶¹ Lesea A., K. Castellani-Coulie, G. Waysand, J. Le Mauff, and C. Sudre (2008) Qualification Methodology for Sub-Micron ICs at the Low Noise Underground Laboratory of Rustrel - IEEE Trans. on Nuclear Science 55, 2148-2153
- ⁶² Collar J.I., J. Puibasset, TA Girard, D. Limagne, HS Miley, and G. Waysand (2000a) Prospects for SIMPLE 2000 : a Large-Mass, Low-Background Superheated Droplet Detector for WIMP Searches – New Journ. of Phys. 2 14.1-14.14
- ⁶³ Collar J.I., J. Puibasset, T.A. Girard, H.S. Miley, D. Limagne, and G. Waysand (2000b) Preliminary dark matter limits from a large-mass, low-background SDD – Nuclear Physics B (Proc. Suppl.) 87, 120-122
- ⁶⁴ Waysand G., D. Bloyet, J.P. Bongiraud, J.I. Collar, C. Dolabdjian, Ph. Le Thiec (2000) First Characterization of the Ultra-Shielded Chamber in the Low-noise Underground Laboratory (LSBB) of Rustrel Pays d’Apt - Nucl. Instrum. Meth. A444, 336-339
- ⁶⁵ Bordes C. (2005) Etude des couplages sismo-électriques et sismo-magnétiques en milieu poreux – Thèse soutenue le 15 décembre 2005, Université Joseph Fourier, Grenoble, spécialité Sciences de la Terre et de l’Univers, Terre Solide et Couches Profondes
- ⁶⁶ Girard T.A., F. Giuliani, T. Morlat, M. Felizardo da Costa, J.I. Collar, C. Limagne, G. Waysand, J. Puibasset, H.S. Miley, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou, J.G. Marques, C. Oliveira, A.C. Fernandes, A.R. Ramos, and R.C. Martins (2005) SIMPLE dark matter search results - Physics Letters B621, 233–238
- ⁶⁷ Bordes C., L. Jouniaux, M. Dietrich, J.-P. Pozzi, and S. Garambois (2006) First laboratory measurements of seismo-magnetic conversions in fluid-filled Fontainebleau sand – Geophys. Res. Lett. 33, L01302, doi:10.1029/2005GL024582, 5 pp
- ⁶⁸ Jouniaux L. (2007) Les effets électriques liés aux circulations d’eau dans les roches – Thèse HDR soutenue le 15 janvier 2007, Université Louis Pasteur, Strasbourg
- ⁶⁹ Girard T.A. and F. Giuliani (2007) On the direct search for spin-dependent WIMP interactions - Phys. Rev. D 75, 043512, 7 pp
- ⁷⁰ Castellani-Coulié K., A. Lesea, C. Sudre, G. Waysand, J. Le Mauff (2008) Effects of Alpha Particles on the Reliability of Advanced Semiconductor Memories : Methodology in Low Noise Underground Environment – inter-Disciplinary Underground Science and Technology (i-DUST) 2008, 2-4 avril 2008, Apt, France
- ⁷¹ Felizardo M., R.C. Martins, A.R. Ramos, T. Morlat, T.A. Girard, F. Giulianic, D. Limagne, G. Waysand, and J.G. Marques (2008) Improved acoustic instrumentation of the SIMPLE detector - Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A585, 61–68
- ⁷² Lesea A., K. Castellani, G. Waysand, J. Le Mauff, and C. Sudre (2008) Qualification Methodology of Sub-Micron ICs in the Low Noise Underground Laboratory of Rustrel – IEEE Transactions on Nuclear Science 55, 2148-2153
- ⁷³ Schultze V., R. Stolz, V. Zakosarenko, A. Chwala, L. Fritzsche, R.I.J. Sselsteijn, N. Oukhanski, M. Schulz, and H.-G. Meyer (2002) Magnetic field measurements using very sensitive SQUIDS – XXVIIth General Assembly of the International Union of Radio Science (URSI), 17-24 août 2002, Maastricht, Hollande, session Advances in Superconductor Components and applications, extended abstract 4 pp
- ⁷⁴ Reich T., P. Febvre, Th. Ortlepp, F.H. Uhlmann, J. Kunert, R. Stolz and H.G. Meyer, (2008) Experimental study of a hybrid SFQ digital SQUID magnetometer – Journal of Applied Physics 104, Issue 2, 024509
- ⁷⁵ Ebert B., Torsten Reich, Thomas Ortlepp, Pascal Febvre and F. H. Uhlmann, (2008) Influence of trapped flux on critical currents of Josephson junctions – IEICE Elex 5, 431-436
- ⁷⁶ Henry S., H. Kraus, M. Malek, V.B. Mikhailik, and G. Waysand (2008) SQUID magnetometry for the cryoEDM experiment – Tests at LSBB – J. inst. 3 P11003, doi: 10.1088/1748-0221/3/11/P11003

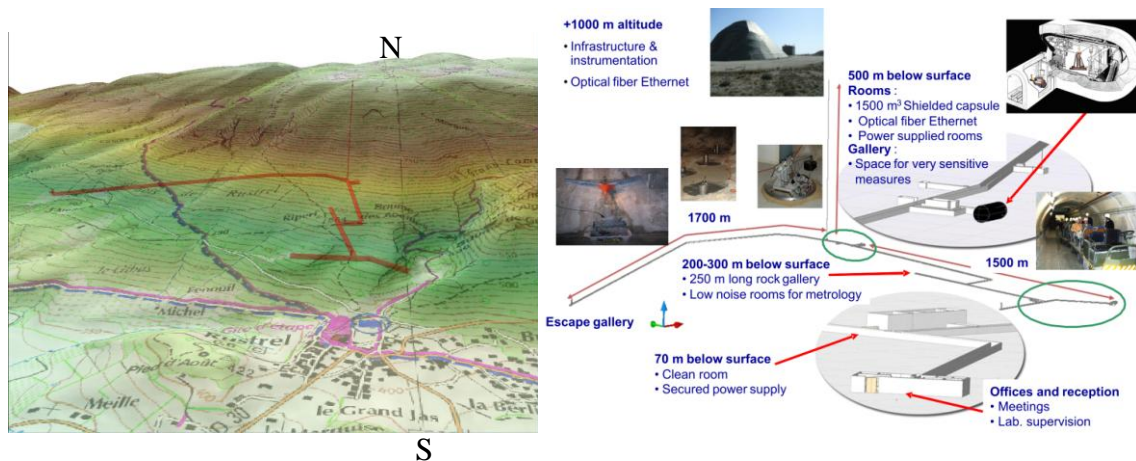


Fig. 8 : L'infrastructure du LSBB permet de mener à différentes profondeurs des expériences de laboratoire et d'installer des capteurs dans un environnement extrêmement calme pour notamment, rechercher des signaux de très faible amplitude et observer des événements rares

VI.2.5. Un centre de formation

- Le LSBB s'intègre dans le projet terrain de l'ENSG⁷⁷ pour la formation des ingénieurs géographes. Sur certains aspects, il offre des conditions de terrain réalistes que les ingénieurs rencontreront dans la pratique, tant en surface très escarpée qu'en galerie. Cette formation doit répondre à plusieurs objectifs pédagogiques, en particulier :
 - Permettre une mise en pratique des connaissances théoriques acquises pendant l'année dans les différentes techniques d'acquisition de l'information géographique (géodésie, photogrammétrie et topométrie),
 - Utiliser des outils logiciels (ex. SIG),
 - Manipuler les concepts de bases de données localisées,
 - Mettre en pratique des outils et méthodes de gestion de projet pour les Ingénieurs Géographes.
- La plateforme carbonatée dans laquelle est implanté le LSBB, est déjà un des terrains privilégiés pour la formation des étudiants du laboratoire Géologie des Systèmes et des Réservoirs Carbonatés de l'Université de Provence. L'accès in situ au réservoir via le LSBB est complémentaire du terrain effectué depuis la surface.
- Après discussion avec les industriels qui collaborent avec le LSBB, une opportunité se dessine pour la formation de leurs personnels en milieu souterrain.
- Le LSBB accueille enfin chaque année, des élèves de 3ème qui font au LSBB leur stage d'initiation professionnelle.

VI.2.6. Un site fédérateur favorisant le partenariat

Les projets scientifiques ou technologiques impliquant le LSBB, en tant qu'entité géologique, moyen d'essai, ou en tant que partenaire scientifique, permettent d'associer des équipes de recherches issues de laboratoires régionaux, nationaux et internationaux, avec parmi ces laboratoires et partenaires reconnus en 2009 :

⁷⁷ ENSG : Ecole Nationale des Sciences Géographiques (<http://www.ensg.ign.fr>)

En région PACA :

- Lab. Géosciences Azur, UMR 6526, UNS/CNRS/OCA
- Lab. d'Hydrogéologie, EMMAH, UMR 1114, INRA/UAPV
- Lab. Matériaux et Microélectronique de Provence, UMR 6137 CNRS/AM-I/AM-III
- Lab. de Géologie des Systèmes et des Réservoirs Carbonatés, GSRC, EA 4229 AM-I
- Lab. d'Electronique, Antennes et Télécommunications, LEAT, UMR 6071 CNRS/UNSA
- Institut National de Recherche en Informatique et Automatique, INRIA/Nachos
- Centre de Recherche en Matière Condensée et Nanosciences, CRM-CN, CNRS/AM-II/AM-III

Hors région PACA :

- Lab. de Modélisation et Imagerie en Géosciences, MIGP, Pau, UMR 5212
- Département Analyse et Surveillance de l'Environnement, DASE, Bruyères-le-Châtel, CEA
- Institut de Microélectronique Electromagnétisme et Photonique et Lab. d'Hyperfréquence et Caractérisation, IMEP-LAHC, UMR 5130
- Institut Géographique National, IGN/ENSG, Marnes la Vallée
- Lab. Déformation Ecoulements Transfert, Université de Franche-Comté, EA 2642
- Lab. Géophysique Interne et Tectonophysique, LGIT, Grenoble, UMR 5559
- GIPSA-lab, Grenoble, UMR 5216
- Lab. Interactions et Dynamique des Environnements de Surface, IDES, Orsay, UMR 8148
- Equipe Etudes Spatiales et Planétologie, IPGP, Paris, UMR 7154
- Institut de Physique du Globe, IPGS, Strasbourg, UMR 7516
- Lab. de physique et chimie de l'environnement et de l'Espace, LPC2E, Orléans, UMR 6115
- Géosciences, Montpellier, UMR 5243
- Hydrosociences, Montpellier, UMR 5569
- Lab. de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers, Département d'astrophysique, de physique des particules, de physique nucléaire et de l'instrumentation associée - CEA Saclay
- Institut Laue-Langevin Grenoble
- Géosciences, Hydrosociences, Matériaux, Construction, GHYMAC, Bordeaux, EA

Partenaires étrangers avec convention :

- Laurence Berkeley National Laboratory, Earth Science Division
- Dept. of Electrical and Computer Engineering, Univ. of British Columbia, Vancouver, Canada
- Centre de physique nucléaire, CFN, Université de Lisbonne

Partenaires étrangers des projets passés, présent et en cours de montage) :

- Université d'Oxford (CRESST and cryoEDM)
- Université de Malaga, Department of Geology, Spain
- Dept. of Civil and Environmental Engineering – Massachusetts Institute of Technology
- Electrical Engineering, College of Engineering, Penn State, USA
- Dept. of Astronomy - University of Firenze (Italy)
- University of Technology Ilmenau – PO Box 105565 – D-98684 Ilmenau – Germany
- Université CA'Foscari, Venise - Dipartimento di Scienze Ambientali

ANNEXE : PUBLICATIONS ASSOCIEES A L'ACTIVITE DU LSBB

REVUES AVEC COMITE DE LECTURE

- Yedlin M., A. Cresp, C. Pichot, I. Aliferis, J.-Y. Dauvignac, S. Gaffet, G. Sénéchal (2009) Ultra-Wideband Microwave Imaging of Heterogeneities – *J. Appl. Geophysics* 68, 17-25
- Marfaing J., J.-J. Bois, R. Blancon, E. Pozzo di Borgo, G. Waysand, **S. Gaffet**, M. Yedlin, P. Barroy, M. Auguste, D. Boyer, and A. Cavaillou (2009) About the world wide magnetic background noise in the millihertz frequency range – *Euro Phys. Letters* 88, 10.1209/0295-5075/88/19002
- Waysand G., P. Barroy, R. Blancon, S. Gaffet, C. Guilpin, J. Marfaing, E. Pozzo di Borgo, M. Pyée, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou (2009) Seismo-Ionosphere Detection by Underground SQUID in Low-Noise Environment in LSBB – Rustrel, France – *European Physics Journal of Applied Physics* 47-1, 12705, DOI: 10.1051/epjap:2008186
- Blondel T. (2008) Traçage spatial et temporel des eaux souterraines dans les hydrosystèmes karstiques par les matières organiques dissoutes. Expérimentation et application sur les sites du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB) de Rustrel – Pays d'Apt et de Fontaine de Vaucluse – Thèse soutenue le 10 décembre 2008, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, mention hydrogéologie
- Bordes C., L. Jouniaux, S. Garambois, M. Dietrich, J.-P. Pozzi, and S. Gaffet (2008) Evidence of the theoretically predicted seismo-magnetic conversion – *Geophys. J. Int. Geomagnetism, rock magnetism and palaeomagnetism*, doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.03828.x, 174, 489-504
- Castellani-Coulié K., A. Lesea, C. Sudre, G. Waysand, J. Le Mauff (2008) Effects of Alpha Particles on the Reliability of Advanced Semiconductor Memories : Methodology in Low Noise Underground Environment – inter-Disciplinary Underground Science and Technology (i-DUST) 2008, 2-4 avril 2008, Apt, France
- Ebert B., Torsten Reich, Thomas Ortlepp, Pascal Febvre and F. H. Uhlmann, (2008) Influence of trapped flux on critical currents of Josephson junctions – *IEICE Elex* 5, 431-436
- Felizardo M., R.C. Martins, A.R. Ramos, T. Morlat, T.A. Girard, F. Giulianic, D. Limagne, G. Waysand, and J.G. Marques (2008) Improved acoustic instrumentation of the SIMPLE detector - *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 585, 61–68
- Garry B., T. Blondel, C. Emblanch, C. Sudre, S. Bilgot, A. Cacaillou, D. Boyer, and M. Auguste (2008) Contribution of artificial galleries to the knowledge of karstic system behaviour in addition to natural cavern data – *Int. J. Speleology* 37, 75-82
- Henry S., H. Kraus, M. Malek, V.B. Mikhailik, and G. Waysand (2008) SQUID magnetometry for the cryoEDM experiment – Tests at LSBB – *J. inst.* 3 P11003, doi: 10.1088/1748-0221/3/11/P11003
- Lesea A., K. Castellani-Coulié, G. Waysand, J. Le Mauff, and C. Sudre (2008) Qualification Methodology for Sub-Micron ICs at the Low Noise Underground Laboratory of Rustrel - *IEEE Trans. on Nuclear Science* 55, 2148-2153
- Reich T., P. Febvre, Th. Ortlepp, F.H. Uhlmann, J. Kunert, R. Stolz and H.G. Meyer, (2008) Experimental study of a hybrid SFQ digital SQUID magnetometer – *Journal of Applied Physics* 104, Issue 2, 024509
- (SIMPLE Collaboration) Morlat T., M. Felizardo, F. Giuliani, T.A. Girard, G. Waysand, R.F. Payne, H.S. Miley, A.R. Ramos, J.G. Marques, R.C. Martins and D. Limagne (2008) A

- CF₃I-based SDD prototype for spin-independent dark matter searches – *Astroparticle Physics* 30 (2008) 159–166, doi:10.1016/j.astropartphys.2008.08.002
- Garry B. (2007) Etude des processus d'écoulements de la Zone Non Saturée pour la modélisation des aquifères karstiques. Expérimentation hydrodynamique et hydrochimique sur le site du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit de Rustrel et de Fontaine-de-Vaucluse – Thèse soutenue le 3 juillet 2007, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, mention Hydrogéologie.
- Girard T.A. and F. Giuliani (2007) On the direct search for spin-dependent WIMP interactions - *Phys. Rev. D* 75, 043512, 7 pp
- Jouniaux L. (2007) Les effets électriques liés aux circulations d'eau dans les roches – Thèse HDR soutenue le 15 janvier 2007, Université Louis Pasteur, Strasbourg
- Lesea A., K. Castellani, G. Waysand, J. Le Mauff, and C. Sudre (2007) Qualification Methodology of Sub-Micron ICs in the Low Noise Underground Laboratory of Rustrel – Radiation and its Effects on Components and Systems (RADECS) 2007, 10-14 septembre 2007, Deauville, France. *Proc. IEEE* 350-355
- Bordes C., L. Jouniaux, M. Dietrich, J.-P. Pozzi, and S. Garambois (2006) First laboratory measurements of seismo-magnetic conversions in fluid-filled Fontainebleau sand – *Geophys. Res. Lett.* 33, L01302, doi:10.1029/2005GL024582, 5 pp
- Cappa F., Y. Guglielmi, S. Gaffet, H. Lançon, I. Lamarque (2006) Use of fiber optic sensors to in situ characterize heterogeneous deformation field elastic changes in fractured rock – *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 43, 647-654
- Sudre C., G. Rastit, K. Castellani, J.-L. Autran, A. Lesea, J. Le Mauff, G. Waysand, and S. Gaffet (2006) INSEET at the Low Noise Underground Laboratory of Rustrel-Pays d'Apt (France) – A useful actor in the soft error issues for micro/nano electronics – *2006 Radiation Effects on Components and Systems workshop*, Training and Conference Centre of the National Bank of Greece ATHENS, September 27-29, 10 pp
- Bordes C. (2005) Etude des couplages sismo-électriques et sismo-magnétiques en milieu poreux – Thèse soutenue le 15 décembre 2005, Université Joseph Fourier, Grenoble, spécialité Sciences de la Terre et de l'Univers, Terre Solide et Couches Profondes
- Cappa F., Y. Guglielmi, S. Gaffet, A. Thoraval, J. Rutqvist, and C.-F. Tsang (2005b) In situ characterization of a single fracture hydromechanical behavior from hydraulic pulse tests coupled to simultaneous pressure-normal displacement measurements – Konecny P. (eds), *Proceedings of the International Symposium of the International Society for Rock Mechanics*, Eurock 2005, Brno, Czech Republic. Balkema, 69-75
- Girard T.A., F. Giuliani, T. Morlat, M. Felizardo da Costa, J.I. Collar, C. Limagne, G. Waysand, J. Puibasset, H.S. Miley, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou, J.G. Marques, C. Oliveira, A.C. Fernandes, A.R. Ramos, and R.C. Martins (2005) SIMPLE dark matter search results - *Physics Letters B* 621, 233–238
- Girard T.A., F. Giuliani, J.I. Collar, T. Morlat, D. Limagne, G. Waysand, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou, H.S. Miley, M. da Costa, R.C. Martins, J.G. Marques, A.R. Ramos, A.C. Fernandes, J. Puibasset, and C. Oliveira (2005) Recent results from the SIMPLE dark matter search – arXiv:hep-ex/0504022v1 12 Apr 2005
- Lesea A., S. Drimer, J.J. Fabula, C. Carmichael, and P. Alfke (2005) The Rosetta experiment: atmospheric soft error rate testing in differing technology FPGAs – *IEE trans. On device and materials reliability (T-DMR)* 5, 317-328
- Reich T., Th. Ortlepp, F.H. Uhlmann and P. Febvre (2005) Experimental analysis of a digital SQUID device at 4.2K – *Superconductor, Science and Technology* 18, 1077-1081

- F. Giuliani, C. Oliveira, J.I. Collar, T.A. Girard, T. Morlat, D. Limagne, J.G. Marques, A.R. Ramos, G. Waysand (2004) Response of SIMPLE SDDs to monochromatic neutron irradiations - Nucl.Instrum.Meth.A526:348-358,2004.
- Bouchiat C. (2003) Possible Observation of Nuclear Reactor Neutrinos Near the Oscillation Absolute Minimum – arXiv:hep-ph/0304253v1, 27 Apr 2003
- Emblanch C. , G.M. Zuppi, J. Mudry, B. Blavoux B, and C. Batiot (2003) Carbon 13 of TDIC to quantify the role of the Unsaturated Zone : the exemple of the Vaucluse karst systems (Southeastern France) – *J. of Hydrology* 279, 262-274
- Gaffet S., Y. Guglielmi, J. Virieux, G. Waysand, A. Chwala, R. Stolz, C. Emblanch, M. Auguste, D. Boyer, and A. Cavailleu (2003) Simultaneous seismic and magnetic measurements in the Low Noise Underground Laboratory (LSBB) of Rustrel, France, during the 2001, 26th January Indian earthquake – *Geophys. J. Int.* 155, 981-990
- Schultze V., R. Stolz, V. Zakosarenko, A. Chwala, L. Fritzsich, R.I.J. Sselsteijn, N. Oukhanski, M. Schulz, and H.-G. Meyer (2002) Magnetic field measurements using very sensitive SQUIDs – XXVIIth General Assembly of the International Union of Radio Science (URSI), 17-24 août 2002, Maastricht, Hollande, session Advances in Superconductor Components and applications, extended abstract 4 pp
- Collar J.I., J. Puibasset, TA Girard, D. Limagne, HS Miley, and G. Waysand (2000a) Prospects for SIMPLE 2000 : a Large-Mass, Low-Background Superheated Droplet Detector for WIMP Searches – *New Journ. of Phys.* 2 14.1-14.14
- Collar J.I., J. Puibasset, T.A. Girard, H.S. Miley, D. Limagne, and G. Waysand (2000b) Preliminary dark matter limits from a large-mass, low-background SDD – *Nuclear Physics B (Proc. Suppl.)* 87, 120-122
- Waysand G., D. Bloyet, J.P. Bongiraud, J.I. Collar, C. Dolabdjian, Ph. Le Thiec (2000) First Characterization of the Ultra-Shielded Chamber in the Low-noise Underground Laboratory (LSBB) of Rustrel Pays d'Apt - *Nucl. Instrum. Meth.* A444, 336-339

AUTRES PUBLICATIONS

- Gaffet S, J. Wang, M. Yedlin, G. Nolet, C. Maron, D. Brunel, A. Cavailleu, D. Boyer, C. Sudre, and M. Auguste (2009) A 3D broadband seismic array at LSBB – IRIS DMS Electronic Newsletter
- Febvre P. (2008) Digital SQUID Magnetometer Development for Geophysics Applications Validated in Low-Noise Environment - IEEE/CSC & ESAS European superconductivity news forum 5, 6 pp
- Garry B., T. Blondel, C. Emblanch, C. Sudre, S. Bilgot, A. Cavailleu, D. Boyer, and M. Auguste (2008) Contribution of artificial galleries to knowledge of karstic system behaviour in addition to natural cavern data, M. *International Journal of Speleology*, 37(1): 75-82
- Gaffet S., G. Waysand, Y. Guglielmi, and J.S.Y. Wang (2009) Interdisciplinary and International Deep Underground Science, Engineering and Technology Laboratories – *SINOROCK2009* proc., 6 pp
- Maufroy E., V. M. Cruz-Atienza, S. Operto, O. Sardou, G. Sénéchal M. Dietrich, and S. Gaffet (2008) Modelisation of topographic site effect 3D at the low noise underground laboratory (LSBB), Rustrel, France – *14th World Conference on Earthquake Engineering* (14th WCEE) Oct. 12-17, 2008, Beijing, China. extended abstract, 8 pp

CONFÉRENCES INTERNATIONALES

- Gaffet S. and J.S.Y. Wang (2009) Interdisciplinary and International Deep Underground Science, Engineering and Technology Laboratories – SINOROCK 2009, paper 312, The University of Hong-Kong, Department of Civil Engineering, Hong-Kong, 19-22 mai 2009
- Rousset D., G. Sénéchal, and S. Gaffet (2009) GPR investigations in galleries buried inside a karstified limestone formation – General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 19-24 avril 2009
- Febvre P. *et al* (2009) Measurements of an RSFQ digital SQUID system – Savoie workshop on Experimental considerations in Superconducting Electronics, Chambéry, April 6-8, 2009
- (invited) Febvre P. (2009) Digital magnetometers based on the Single-Flux-Quantum technique – International Superconductive Electronics Conference (ISEC 2009), Superconducting SFQ VLSI Workshop, June 16-19, 2009, Fukuoka, Japan.
- Yedlin M., A. Cresp, J.Y. Dauvignac, S. Gaffet, G. Sénéchal, N. Fortino, C. Pichot, and I. Aliferis (2009) Time-Frequency Transform Techniques Applied to Ultra-wideband Ground-Penetrating Radar – General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 19-24 avril 2009
- Blondel T., C. Emblanch S. Gaffet, Y. Guglielmi, and Y. Travi, (2008) Near Surface poroelastic perturbations of unsaturated zone properties of reservoirs by distant earthquakes: preliminary results in the karst system of the LSBB – AGU Fall meeting, NS06 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Dauvignac J.-Y., N. Fortino, G. Sénéchal, A. Cresp, M. Yedlin, S. Gaffet, D. Rousset, and C. Pichot (2008) Ultra-Wideband GPR Imaging of the Vaucluse Karst Aquifer – AGU Fall meeting, NS06 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Ebert B., T. Ortlev, P. Febvre, F.H. Uhlmann (2008) Flux trapping in Josephson junctions," 5th FLUXONICS RSFQ design Workshop – Ilmenau – Germany, June 29-July 2, 2008.
- Febvre P. *et al* (2008) Digital SQUIDS for applications in Geophysics – EUROFLUX2008 Conference, Naples, Sept. 29 – Oct. 1st, 2008
- Foundotos M., G. Bokelmann, G. Barruol, and S. Gaffet (2008) Receiver Functions Under the Provence, France: the Low-Noise Underground Laboratory of RUSTREL – AGU Fall meeting, S01 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Gaffet S. (2008) LSBB: a Low Noise Laboratory for Inter-Disciplinary Underground Science and Technology in Rustrel – Pays d'Apt, Vaucluse, France – AGU Fall meeting, H66 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Guglielmi Y., Cappa F., Rutqvist J., Tsang C-F., and Gaffet S. (2008) In-situ ultra low frequency poroelastic response of a natural macro-fracture. AGU Fall Meeting, San Francisco, NS51A-05
- Guglielmi Y., F. Cappa, J. Virieux, J. Rutqvist, and C.-F. Tsang (2008) A new in situ approach for hydromechanical characterization of mesoscale fractures: The "High-Pulse Poroelasticity Protocol" (HPPP) – In: Proceedings of the 42nd U.S. Rock Mechanics Symposium / 2nd US-Canada Rock Mechanics Symposium, 2008, San Francisco, ARMA 08-214, 1-7
- Guglielmi Y., F. Cappa, S. Gaffet, T. Monfret, J. Virieux, J. Rutqvist, and C. F. Tsang (2008) A New Approach for In Situ Characterization of Rock Slope Discontinuities The High-Pulse Poroelasticity Protocol (HPPP) – 10th international symposium on landslides and engineered slopes – June 30 - July 4, 2008, Xi'an, China
- Maufroy E., V.M. Cruz-Atienza, S. Operto, O. Sardou, G. Sénéchal, M. Dietrich, and S. Gaffet (2008) Modelisation of topographic site effect 3D at the Low Noise Underground

- Laboratory (LSBB), Rustrel, France – 14th World Conference on Earthquake Engineering, 12-17 october 2008, Beijing, China
- Maufroy E., S. Gaffet, S. Operto, V.M Cruz-Atienza., G. Sénéchal, M. Dietrich, H. Zeyen, O. Sardou, and D. Boyer (2008) 3D calculation of seismic waves interaction with topography and near surface structures at the LSBB Underground Laboratory, Rustrel, France – AGU Fall meeting, NS06 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Monfret T., S. Gaffet, G. Sénéchal, D. Rousset, H. Zeyen, M. Auguste, D. Boyer, and A. Cavaillou (2008) Study of seismic attenuation behaviour using time reversal mirror, elastic signal amplitude and coda-Q analysis from an experiment in a mesoscopic natural medium at the LSBB Underground Laboratory Rustrel, France – AGU Fall meeting, NS06 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Reich T., P. Febvre, Th. Ortlepp, F.H. Uhlmann, J. Kunert, R. Stolz, H.G. Meyer, R. Blancon, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou and G. Waysand (2008) First tests of digital SQUID magnetometers at LSBB – 2nd International Conference on Underground Science: iDUST – Interdisciplinary Deep Underground Science and Technology conference, Rustrel, France, April 2-4, 2008
- Waysand G., P. Barroy, R. Blancon, J.-J. Bois, S. Gaffet, J. Marfaing, E. Pozzo di Borgo, M. Py e, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou (2008) ULF Magnetic Ionosphere Precursor Sichuan Earthquake Detected by [SQUID]2 System in LSBB – Rustrel (France) – AGU Fall meeting, S12 – 15-19 december 2008 – San Francisco
- Waysand G., P. Barroy, R. Blancon, S. Gaffet, J. Marfaing, E. Pozzo di Borgo, M. Auguste, D. Boyer, and A. Cavaillou (2008) A new tool for earth and space magnetism: the ultra low noise underground SQUID system of LSBB – Caen University from 30 June – 2 July 2008
- Yedlin M., C. Pichot, J.-Y. Dauvignac, I. Aliferis, N. Fortino, A. Cresp, and S. Gaffet (2008) Ultra-wideband Vivaldi Antenna Array for High Resolution Subsurface Imaging – AGU may 2008 Florida
- Yedlin M., A. Cresp, C. Pichot, I. Aliferis, J.-Y. Dauvignac, and S. Gaffet (2008) Reverse-time imaging using an ultra-wideband (uwb) antenna array with application to geophysics – General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 13-18 avril 2008
- Barroy P.R.J., G. Waysand, J. Marfaing, J.-J. Bois, R. Blancon, S. Gaffet, M. Parrot, M. Py e, and E. Pozzo di Borgo (2007) Ionospheric Effects as Monitored by the Underground Low-Noise SQUID Magnetometric system of LSBB-Rustrel: the particular case of the impact of the major Solar quakes of mid-December 2006 – SUPRA 2007, Palaiseau
- Ebert B., P. Febvre, T. Reich, Th. Ortlepp and F.H. Uhlmann (2007) Experimental analysis of flux trapping in RSFQ junctions," 4th FLUXONICS RSFQ design Workshop – Ilmenau – Germany, 23-25 Septembre 2007
- Lesea A., K. Castellani, G. Waysand, J. Le Mauff, C. Sudre (2007) Qualification Methodology of Sub-Micron ICs in the Low Noise Underground Laboratory of Rustrel – Radiation and its Effects on Components and Systems (RADECS) 2007, Deauville (France), 10-14 septembre 2007. Proceedings IEEE pp 350-355.
- Maufroy E., A. Ribodetti, G. Sénéchal, H. Zeyen, M. Dietrich, S. Operto, and S. Gaffet (2007) Seismic imaging for topographic site effect modelling at the Low Noise Underground Laboratory (LSBB), Rustrel, France – General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 15-20 avril 2007
- Reich T., Th. Ortlepp, F.H. Uhlmann, P. Febvre, J. Kunert and H.-G. Meyer (2007) Hybrid digital SQUID magnetometers," 4th FLUXONICS RSFQ design Workshop – Ilmenau – Germany, 23-25 September 2007

- Waysand G., P. Barroy, R. Blancon, S. Gaffet, Ch. Guilpin, J. Marfaing, E. Pozzo di Borgo, M. Pyee (2007) Permanent Observation of Ionospheric and Magnetospheric Effects by the Underground Ultra Low-Noise SQUID Magnetometric system of LSBB-Rustrel: Preliminary Results – URSI 2007 CNC/USNC - North American Radio Science Meeting - July 22nd - 26th, 2007 – Fairmont Château Laurier, Ottawa, ON, Canada
- Waysand G., P. Barroy, R. Blancon, S. Gaffet, Ch. Guilpin, J. Marfaing, E. Pozzo di Borgo, M. Pyee, A. Cavaillou, D. Boyer, M. Auguste (2007) Détection de réponses sismo-ionosphériques par SQUID souterrain en environnement Bas Bruit au LSBB Rustrel-Pays d'Apt – 4ème Colloque Interdisciplinaire en Instrumentation, 16-19 octobre 2007, Nancy – Session « Où les ondes interviennent »
- Yedlin M., C. Pichot, I. Aliferis, J.-Y. Dauvignac, and S. Gaffet (2007) Ultra-wideband microwave imaging of heterogeneities – General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 15-20 avril 2007
- Cognard-Plancq A.L., C. Gevaudan, and C. Emblanch, (2006) Historical rainfall-runoff database on Fontaine de Vaucluse karst system: review and lessons – III^{ème} Symposium International Sur Le Karst, Groundwater in the Mediterranean countries Malaga (SPAIN), 24 - 28 April 2006. In. Duran, J.J., Andreo, B., Y Carrasco, F. (Eds). Karst, cambio climatico y aguas subterraneas. Publicaciones des Instituto Geological y Minero de Espana. Serie: Hidrogeologia y Aguas Subterraneas, N°18, 465 – 475. 2006
- Cognard-Plancq A. L., C. Gevaudan, and C. Emblanch (2006) Apport conjoints de suivis hydroclimatologique et hydrochimique sur le rôle de filtre des aquifères karstiques dans l'étude de la problématique de changement climatique. Application au système de la Fontaine de Vaucluse – 8th Conference on Limestone Hydrogeology Neuchâtel, Switzerland, 21-23 September 2006
- Garry B., C. Emblanch, A. Cras, D. Boyer, M. Auguste, A. Cavaillou, and M. Daniel (2006) Utilisation du 13CCMTD dans la discrimination des écoulements de la Zone Non Saturée des systèmes karstiques. Cas du système de Vaucluse – 8th Conference on Limestone Hydrogeology Neuchâtel, Switzerland, 21-23 September 2006.
- Garry B., A. Cras, C. Emblanch, D. Boyer, M. Auguste, A. Cavaillou, and R. Simler (2006) Dynamic approach of the End-Member Mixing Analysis (EMMA) technique. Application to the sub-systems contributing to the 'Fontaine de Vaucluse outflow – III^{ème} Symposium International sur Le Karst, Groundwater in the Mediterranean countries Malaga (SPAIN), 24-28 April 2006.
- Pozzo di Borgo E., C. Bordes, S. Gaffet, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou (2006) The Low Noise Underground Laboratory, a unique environment for very weak electromagnetic measurements – EGU
- Sudre C., G. Rastit, K. Castellani, J.-L. Autran, G. Waysand, S. Gaffet, A. Lesea, J. Le Mauff (2006) INSEET at the Low Noise Underground Laboratory of Rustrel-Pays d'Apt (France): A usefull actor in the soft error issues for micro/nano electronics – 9TH Technical and scientific meeting of ARCSIS « Sensitivity of Advanced Devices to Contamination » ST University, Fuveau, France – November 16-17, 2006
- Gaffet S., T. Monfret, G. Sénéchal, D. Rousset, H. Zeyen (2005) Seismic time reversal experiment in the Low Noise Underground Laboratory, LSBB (France) – *General Assembly of the European Geosciences Union, Vienne, Autriche, 24-29 avril 2005*
- Rachid Talhi, Malay Ranjan Tripathy, Maurice Pyée, Denis Limagne, Michel Auguste, Daniel Boyer, Alain Cavaillou, Georges Waysand (2002) SQUID antenna pattern – URSI National Radio Science Meeting – Juin 2002 – San Antonio, USA

COLLOQUES NATIONAUX ET EUROPÉENS

- Gaffet S. (2009) Seismology at the low-noise *inter-Disciplinary Underground Science and Technology* laboratory of Rustrel – Pays d'Apt – Seismic risk in moderate seismicity area: from hazard to vulnerability – PROVENCE'2009 – 4-6 juillet 2009 – Aix-en-Provence
- Andreo B. (2008) The caves as natural galleries to investigate the unsaturated zone of karst aquifers. Experiences from two Southern Spanish caves – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Blondel T., Y. Travi, C. Emblanch, and Y. Dudal. (2008) Organic matter as a potential complementary tool for $\delta^{18}\text{O}$ data interpretation in heterogeneous aquifers – Joint European Stable Isotope User Meeting (JESIUM 2008), Presqu'île de Giens, France, pp. 207. 2008
- Blondel T. (2008) Utilisation de techniques de caractérisation de la matière organique dissoute pour le traçage naturel des hydrosystèmes karstiques - Application au système karstique de Fontaine de Vaucluse – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Boudin F. (2008) Hydrological and sismo-tectonics measurement with long base tiltmeter. Project of rotation measurement with tiltmeter antenna base in LSBB observatory – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Cappa F. (2008) A new approach for very large broadband geophysical monitoring of rock deformations into deep boreholes: The "High-Pulse Poroelasticity Protocol" (HPPP) – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Castellani-Coulié K., A. Lesea, C. Sudre, G. Waysand, J. Le Mauff (2008) Effects of Alpha Particles on the Reliability of Advanced Semiconductor Memories: Methodology in Low Noise Underground Environment – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Cochard A. (2008) Ring Laser applications in seismology and geodesy -- Benefit from a low noise environment – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Febvre P. (2008) Digital SQUID Magnetometer Development for Geophysics Applications Validated in Low-Noise Environment," IEEE/CSC & ESAS EUROPEAN SUPERCONDUCTIVITY NEWS FORUM, No. 5, July 2008
- Febvre P. (2008) First tests of digital squid magnetometers at LSBB – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Gaffet S. and W. Plastino (2008) Interdisciplinary activities in ILIAS-Next – ILIAS-Next workshop – 9 janvier 2008 – Paris
- Gaffet S. (2008) Presentation of LSBB, affiliation and scientific program – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Gaffet S. (2008) Perspective pour une antenne multiparamétrique et multi-échelle adossée au RLBP – Colloque sismologie – 18-19 avril 2008 – Nice
- Guglielmi Y. (2008) Scientific activities on THMC processes at the Rustrel Low Noise Underground Laboratory – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Lacoste V. (2008) Activités du Laboratoire de métrologie des neutrons de l'IRSN-Cadarache, applications potentielles pour un site souterrain – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Maufroy E. (2008) Seismic imaging for topographic site effect modeling at the Low Noise Underground Laboratory (LSBB), Rustrel, France – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Stanga R. (2008) Ground based 2DoF test for LISA and LISA PF – *i-DUST* conference – 2-4 avril 2008 – Apt

- Stanga R. (2008) Geo3, a digital triaxial seismic sensor with on board analog to digital conversion, and mass data storage – i-DUST conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Tenailleau L. (2008) Performances d'un laboratoire souterrain appliquées à la mesure de la radioactivité dans l'environnement – influence de la radioactivité ambiante d'un laboratoire souterrain sur les résultats d'analyse – i-DUST conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Travi Y. (2008) Karstic system in peri-mediterranean region – i-DUST conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Vidal B. (2008) Detection via Electric Force Microscope of the Metal/semiconductor/insulator interface layers – i-DUST conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Yedlin M. (2008) ANR Project Maxwell - Ultra-Wideband Multi-scale Microwave Imaging and Inversion of the Lithology of the Karstic Structures at LSBB – i-DUST conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Yedlin M. (2008) Multi-disciplinary research proposed for the LSBB facility by the University of British Columbia - Examples from bio-medical engineering and geophysics – i-DUST conference – 2-4 avril 2008 – Apt
- Gaffet S. (2007) Le Laboratoire Souterrain à Bas Bruit de Rustrel – Pays d'Apt – ILIAS-Next workshop - 22 novembre 2007 – Saragosse
- Waysand G., P.R.J. Barroy, J. Marfaing, R. Blancon, E. Pozzo di Borgo, S. Gaffet, M. Parrot, F. Lefeubre, M. Pyée (2007) Premier bilan de magnétométrie SQUID en environnement souterrain très bas bruit : hydro-sismo-magnétisme, ondes de Schumann, détection mondiale des réponses ionosphériques aux ondes P sismiques – 4^{ème} journées "Dispositifs supraconducteurs" – 11-13 juin 2007 – LSI, Ecole Polytechnique, Palaiseau
- Ballu V., J. Beilin, and D. Boyer (2005) Microgravimétrie au LSBB : installation d'un réseau et premières mesures – Rencontre de Rustrel – 28-30 septembre 2005 – Rustrel
- C. Bordes, L. Jouniaux, M. Dietrich, M. Pozzi (2005) Etude des conversions sismoélectriques dans un cylindre poreux par mesure en Laboratoire à Bas Bruit – Rencontre de Rustrel – 28-30 septembre 2005 – Rustrel
- Emblanch E. (2005) Importance des aquifères karstiques sur les ressources en eau du pourtour Méditerranéen : spécificité, vulnérabilité et capacité auto-épuratrice – Rencontre de Rustrel – 28-30 septembre 2005 – Rustrel
- Gaffet S., T. Monfret, G. Sénéchal, D. Rousset, H. Zeyen, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou (2005) Expérience de renversement temporel au LSBB – Rencontre de Rustrel – 28-30 septembre 2005 – Rustrel
- Garry B., Cavaillou A., Boyer D., Auguste M., Emblanch C. (2005) Hydrogéologie de la Fontaine de Vaucluse et du plateau d'Albion. Application au LSBB – Rencontre de Rustrel – 28-30 septembre 2005 – Rustrel
- Giuliani F., T.A. Girard, T. Morlat, M. Felizardo da Costa, J.I. Collar, D. Limagne, G. Waysand, J. Puibasset, H.S. Miley, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou, J.G. Marques, C. Oliveira, A.C. Fernandes, A.R. Ramos, R.C. Martins (2005) SIMPLE Dark Matter Search Results in Rustrel – Rencontre de Rustrel – 28-30 septembre 2005 – Rustrel
- (SIMPLE Collaboration) Morlat T. (2005) Nouveaux détecteurs à suspensions de gouttelettes en surchauffe – Rencontre de Rustrel – 28-30 septembre 2005 – Rustrel
- Sénéchal G., D. Rousset, A. Néau, S. Gaffet, T. Monfret, M. Auguste, D. Boyer A. Cavaillou (2005) Imagerie sismique à haute résolution et tomographie de vitesse – Rencontre de Rustrel – 28-30 septembre 2005 – Rustrel
- Stanga R. (2005) Accéléromètre 3 axes à large bande, résultats au LSBB – Rencontre de Rustrel – 28-30 septembre 2005 – Rustrel

- Andreo B. (2004) Hydrogeology of karstic plateau – Congrès SMS-US, Small and Medium Scale Underground Sciences – 22-24 septembre 2004 – Rustrel
- Dietrich M. (2004) Seismo-electromagnetic conversions in porous media : laboratory measurements at LSBB, Rustrel, France – Congrès SMS-US, Small and Medium Scale Underground Sciences – 22-24 septembre 2004 – Rustrel
- Gaffet S., Y. Guglielmi, J. Virieux, G. Waysand, A. Chwala, R. Stolz, C. Emblanch, M. Auguste, D. Boyer, A. Cavaillou, E. Pozzo di Borgo, and R. Blancon (2004) Simultaneous seismic and magnetic measurements in the Low Noise Underground Laboratory (LSBB) of Rustrel, France – Congrès SMS-US, Small and Medium Scale Underground Sciences – 22-24 septembre 2004 – Rustrel
- Gaffet S. (2004) Les axes de recherche du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit de Rustrel Pays d’Apt – Conférence du Collège de France – 23-24 mars 2004 – Arbois
- Garry B., Michel A., Cavaillou A., Boyer D., Auguste M., Emblanch C., Pozzo-di-borgo E. (2004) Geochemical characterization of the LSBB karstic environment. Initial results – Congrès SMS-US, Small and Medium Scale Underground Sciences – 22-24 septembre 2004 – Rustrel
- Girard T.A. (2004) Dark Matter overview and cosmology in the laboratory – Congrès SMS-US, Small and Medium Scale Underground Sciences – 22-24 septembre 2004 – Rustrel
- Stanga R. (2004) Metrology for seismology – Congrès SMS-US, Small and Medium Scale Underground Sciences – 22-24 septembre 2004 – Rustrel
- Thiébaud E. (2004) Fracturation Characterization in the underground LSBB area – Congrès SMS-US, Small and Medium Scale Underground Sciences – 22-24 septembre 2004 – Rustrel
- Waysand G. (2004) Rustrel LSBB, an unusual underground laboratory – Congrès SMS-US, Small and Medium Scale Underground Sciences – 22-24 septembre 2004 – Rustrel
- Blavoux B. (2004) The Vaucluse karstic aquifer, hydrogeology and hydromechanics – Congrès SMS-US, Small and Medium Scale Underground Sciences – 22-24 septembre 2004 – Rustrel

