



LA LETTRE DE L'ÉOST

N25 FÉVRIER 2017

LETTRÉ D'INFORMATION
DE L'ÉCOLE ET OBSERVATOIRE
DES SCIENCES DE LA TERRE
eost.unistra.fr



Université
de Strasbourg

Formation

Relations avec les pays germanophones	03
24 heures de l'innovation	04
Journée portes ouvertes de l'EOST	05
Laetitia Leclerc-Drouot conduit la démarche qualité	05

Observatoire

Projet A2S : images satellitaires Sentinelles	06
Biennale du RAP	07

Recherche

Trophée de l'innovation	09
Séismes de la faille de Marmara	10
Des chercheurs de l'EOST en Italie	12
Rôle des variations de température dans les séismes	15

Grand public

Découvrir la sismologie sur tablette	16
Semaine des sciences de la Terre en mars	17
(Re)découverte d'un legs de 1939	17
Portrait de Barbara Gollain	18
Retour sur l'Alsascience	19
Journée internationale des forêts le 21 mars	20
Le Laboratoire d'Analyses des Sols fait peau neuve	20
Il y a 50 ans, l'incendie de l'Institut de Géologie	20

Chers collègues,

En ce début d'année, je souhaite faire un point sur le projet Manufacture, dont on parle très régulièrement dans la presse locale. Si 2016 a vu naître le projet architectural du futur bâtiment G2EI Descartes, 2017 sera l'année de sélection du projet G2EI Manufacture.

L'analyse des esquisses des quatre candidats sélectionnés en juin 2016 se déroulera au cours du mois de février 2017 et le jury final se réunira le 2 mars.

Le bâtiment restructuré et rénové accueillera à partir de 2020 la plupart des activités d'enseignement de l'EOST (licence, master, école d'ingénieur), la filière SVT restant à l'Institut de Géologie, rue Blessig. L'EOST formera avec l'ENGEES, dont le déménagement est également prévu à la Manufacture, le pôle alsacien d'enseignement en géosciences, eau et environnement.

Nous savons aujourd'hui qu'une extension de la HEAR (la Haute Ecole des Arts du Rhin) est aussi programmée sur le site. Un projet de bibliothèque commune de 800m² pour les trois écoles est d'ailleurs à l'étude actuellement. Cela devrait ouvrir des perspectives nouvelles du fait de notre pluridisciplinarité et de la présence d'une équipe de quatre personnes pour la faire vivre. Si rien n'est encore acté pour le moment, il s'agit d'un nouvel axe de réflexion à prendre en compte.

Outre la HEAR, l'ENGEES et l'EOST, une auberge de jeunesse et diverses structures innovantes sont en train d'être sélectionnées par un comité des usages piloté par la SERS et comprenant notamment les 3 écoles, l'Eurométropole, l'université, le rectorat, ... Il s'agit d'en faire un lieu unique au niveau local !

Si j'ai regretté que nous n'ayons pu rassembler sur le site de la Manufacture l'ensemble des activités d'enseignement et de recherche de l'EOST et de l'ENGEES, je pense aujourd'hui que nous avons devant nous tous les ingrédients pour un bon projet qui devrait améliorer significativement la qualité de l'accueil de nos étudiants et renforcer l'attrait de nos formations.

Frédéric Masson, directeur de l'EOST

>> PHOTO COUVERTURE centre ville d'Amatrice, 17 octobre 2016 - Crédits : C. Sira, EOST-BCSF

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION Frédéric Masson
CONTACT veronique.bertrand@unistra.fr
DESIGN & PRINT Imprimerie DALI / Unistra

LETTRE D'INFORMATION
DE L'ÉCOLE ET OBSERVATOIRE
DES SCIENCES DE LA TERRE

N25 FÉVRIER 2017

FORMATION**ENSEIGNEMENT :
DÉVELOPPEMENT
DES RELATIONS
DE L'EOST AVEC
LES PAYS
GERMANOPHONES**

Dans le cadre du « Pacte Ingénieurs » avec la Région et conjointement avec l'ENGEES, l'EOST s'est engagée dans un programme de développement de ses partenariats académiques avec les pays germanophones, en particulier avec l'Allemagne. Nadine Dobsclaff a été recrutée comme « chargée de mission Allemagne » le 1er mars 2016 afin de mener à bien ce projet sur 2 ans pour les deux écoles.

L'état des lieux des relations entre les enseignants-chercheurs des deux unités de recherche de l'EOST et les universités allemandes a mis en évidence l'existence de nombreuses collaborations dans le domaine de la recherche. Par ailleurs, il existe déjà des accords de mobilités étudiantes « Erasmus + » entre l'EOST et l'Université Ludwig Maximilians de Munich dans le domaine de la géophysique, ainsi qu'avec l'Université Technique de Dresden et l'Université Albert Ludwigs de Fribourg en Brisgau en hydrologie et en environnement.

Afin de développer les possibilités de mobilité internationale au sein des filières de l'EOST, Nadine Dobsclaff a fait un recensement des formations de niveau Bac+5 proposées dans les universités allemandes



dans le domaine de la géophysique, de la géotechnique et des géosciences en général. Ce travail nous a permis de cibler des partenaires solides avec lesquels l'EOST souhaitait initier des collaborations. Des visites de ces universités et des réunions de travail avec ces partenaires potentiels ont débouché sur la mise en place de 4 nouveaux accords de mobilité étudiante « Erasmus + » qui fonctionneront à compter de la rentrée universitaire 2017/2018.

- Un accord avec l'Université de Vienne (Autriche) dans le domaine des Géosciences avec une possibilité (en cours de discussion) pour les élèves de l'école d'ingénieurs de suivre le Joint Master « Physics of the Earth » des universités de Vienne et Bratislava.
- Un accord avec la Freie Universität de Berlin en géologie et géophysique.
- Un accord avec l'Université Technique de Clausthal dans le domaine de l'ingénierie pétrolière et minière.
- Un accord (en cours de signature) avec l'Université de Kiel dans le domaine de la géophysique et des géosciences marines.

Dans cette dynamique de développement de ses relations avec les universités allemandes, l'EOST a également initié un partenariat de proximité avec le Karlsruher

Équipe des « TOTALement à côté de la plaque » avec Marine-Sophie Jacob (2^e à partir de la gauche) et Zaid Guerrouj (3^e)
Crédits : Jean-Pierre Girard

Institut für Technologie (KIT) dans le cadre du Campus Européen EUCOR. Le KIT propose des formations en géophysique de niveau Licence et Master. Des modules de l'EOST seront ouverts aux étudiants du KIT, et inversement les étudiants de l'EOST pourront suivre des cours au KIT. Ce dispositif d'échanges d'étudiants débutera dès le printemps 2017. Un projet de création d'un Master international en géophysique conjoint entre les deux établissements est également à l'étude.

Plusieurs étudiants de l'EOST se sont déjà portés candidats pour des mobilités vers ces nouvelles universités partenaires et nous espérons vivement attirer des étudiants allemands au sein de nos filières dans les prochaines années. Afin de favoriser cette mobilité entrante, la partie enseignement du site internet de l'EOST a été traduite en anglais, les maquettes de nos formations proposées en anglais et en allemand, et un certain nombre de cours de l'EOST vont être dispensés en anglais.

Florence Beck

RETOUR SUR LES 24 HEURES DE L'INNOVATION

Les 2 et 3 décembre derniers, nous étions quatre étudiants de 3^e année de l'école d'ingénieurs en géophysique à faire le déplacement à Pau pour participer aux «24H de l'innovation au centre de la Terre», un événement organisé par le Pôle Avenia et sponsorisé entre autres par Total et CGG. Ce challenge de l'innovation en géosciences a débuté par une présentation des 18 sujets proposés par 17 entreprises différentes, au terme de laquelle nous avons pu choisir le sujet sur lequel nous voulions réfléchir pendant 24h.

Au terme de ce temps, nous avons présenté notre solution innovante au problème proposé en trois minutes et, après délibération du jury, les prix nous ont été remis. Les prix reçus pour les Eostiens et leurs équipes respectives : Prix de la cohésion d'équipe pour Marine-Sophie Jacob et Zaid Guerrouj sur un sujet de Total « Prédire l'extension latérale de zones à ciment carbonaté dans les réservoirs gréseux », Prix de la rupture technologique pour Alexandre Longelin sur un sujet de CGG « Récupération des déchets dans le cadre de la sismique marine » et Premier Prix pour Aude Chardon sur un sujet de ExLog « Calcul en temps réel du volume de cuttings (déblais de forage) ».



L'équipe «Les Shakers» lors de la remise des prix avec Aude Chardon (2^e à partir de la gauche)
Crédits : Pôle Avenia

RETOUR EN TÉMOIGNAGES SUR CETTE EXPÉRIENCE ORIGINALE

> Zaid Guerrouj et Marine-Sophie Jacob Nous avons choisi un sujet très axé géosciences et qui est un vrai problème dans l'exploration d'un potentiel champ d'hydrocarbures. Notre sujet était donné par Total et nous étions une équipe de 6 venant de différents horizons (universités, arts et métiers, géologues...). Notre équipe a tout de suite été soudée et chacun a su trouver sa place. Notre sujet de recherche nous a été longuement introduit par son porteur Jean-Pierre Girard, Expert Diagenesis & Mineral Geochemistry chez Total et par François Umhbauer, External Relations Manager with Universities and Colleges et anciennement Géologue et responsable du service RGM chez Total. Ceci nous a permis de bien en comprendre les enjeux. Tout au long de la longue nuit, plusieurs idées ont émergé. A 7h du matin nous avions sélectionné trois réponses potentielles au problème. Vers 8h, Jean-Pierre et François sont venus faire le point avec nous et vérifier que nos innovations étaient plausibles. Nos idées leurs ont plu et ils ont décidé de nous réinviter à Total un mois plus tard pour les présenter devant les experts R&D. Nous sommes très contents d'avoir participé à cette expérience enrichissante. Nous avons pu comprendre les enjeux de l'innovation dans le domaine pétrolier. Et nous remercions chaleureusement François Umhbauer et Jean-Pierre Girard pour leur disponibilité tout au long des 24h de l'innovation.

>Aude Chardon Les 24h de l'innovation ont été pour moi une expérience formidable, très enrichissante et, sous quelques aspects, un peu irréaliste. Cette nuit, ponctuée de plusieurs animations du pôle Avenia pour nous tenir éveillés, semble avoir duré des jours voire des semaines. Mon équipe était constituée de 6 personnes : quatre de l'université de Pau, une des Arts et Métiers de Bordeaux et moi. Notre sujet, proposé par ExLog, était porté par Yann Douarin et Yves Gehan. Nos profils au sein de l'équipe étaient divers : géomécanique, réservoirs, pétrole et géophysique, et se complétaient bien pour résoudre le problème qui nous était posé. Nous avons assez rapidement trouvé une solution, ce qui nous a permis de l'améliorer tout au long de temps qui nous était imparti. Une solution qui a fait l'unanimité du jury et qui nous a accordé le Premier Prix! Je repars donc avec une Imprimante 3D, en plus des très bons souvenirs!»

> Alexandre Longelin Le défi des 24H de l'Innovation fut une expérience extraordinaire. Malgré la très courte durée de l'épreuve, l'intensité et la régularité des animations donnent l'impression d'avoir travaillé six mois sur le projet avec une équipe d'amis. L'ambiance a toujours été gaie, même avec la fatigue. Il y avait une grande proximité avec les gens du staff et surtout avec nos coaches (Timothée Moulinier et Vincent Peyrin pour mon équipe). Ce fut un merveilleux moment que je referai avec plaisir et sans hésitation si j'en ai l'occasion.»

Aude Chardon, Zaid Guerrouj
Marie-Sophie Jacob et Alexandre Longelin

LE SITE DE 24H DE L'INNOVATION

www.pole-avenia.com/blog/2016/09/26/24h-de-linnovation-au-centre-de-la-terre-2016

LA JOURNÉE PORTES OUVERTES DE L'EOST

La Journée portes ouvertes de l'Université de Strasbourg se déroulera le samedi 11 mars 2017. L'EOST accueillera, comme chaque année, les jeunes et leurs parents pour leurs présenter les formations de l'EOST et répondre à toutes leurs questions.

Le programme est en ligne sur le site web de l'EOST et le sera prochainement sur la page dédiée à l'évènement.

LIEN www.campusalsacejpo.fr



Affiche de l'évènement - Crédits : Unistra

LAETITIA LECLERC-DROUOT REMPLACE LAETITIA PARDO DANS LA CONDUITE DE LA DÉMARCHÉ QUALITÉ

Dans la Lettre n° 23 de juin 2016, nous vous présentions la mission de Laetitia Pardo, ingénieure qualité à mi-temps à l'EOST. Elle a terminé sa mission fin décembre 2016 et une autre Laetitia l'a remplacée : Laetitia Leclerc-Drouot, qui va poursuivre le travail engagé pour mesurer et améliorer la qualité de nos services et procédures, notamment dans le domaine de l'enseignement.

Ce volet de son travail concerne aussi bien l'accueil des étudiants par le service scolarité que celui des enseignants et des intervenants extérieurs, la communication sur les formations, l'informatique et la logistique des filières... Il est initié dans le cadre d'une démarche globale de l'Université qui s'appuie sur le référentiel Marianne. Elaboré et piloté par le secrétariat général pour la modernisation de l'action publique, ce ré-

férentiel définit le standard de la qualité de l'accueil dans les services publics de l'Etat.

Laetitia était missionnée depuis mars 2015 dans trois autres écoles d'ingénieurs de l'Université de Strasbourg : l'ECPM, l'ESBS et Télécom Physique. Depuis le 2 janvier, l'EOST s'est ajouté à son «portefeuille». C'est maintenant sur trois campus différents qu'elle doit intervenir, et l'organisation de l'emploi du temps est un premier défi à ses compétences de qualicienne.

Ses compétences, Laetitia les a acquises dans le cadre d'une licence professionnelle axée sur la qualité et la sécurité, notamment dans l'agro-alimentaire. Une offre d'emploi à l'Université a attiré son attention et lui a ouvert d'autres horizons : elle effectue en 2017 sa troisième année au service de l'enseignement supérieur.



Laetitia Leclerc-Drouot
Crédit : C. Wenger, Télécom Physique

LE RÉFÉRENTIEL MARIANNE

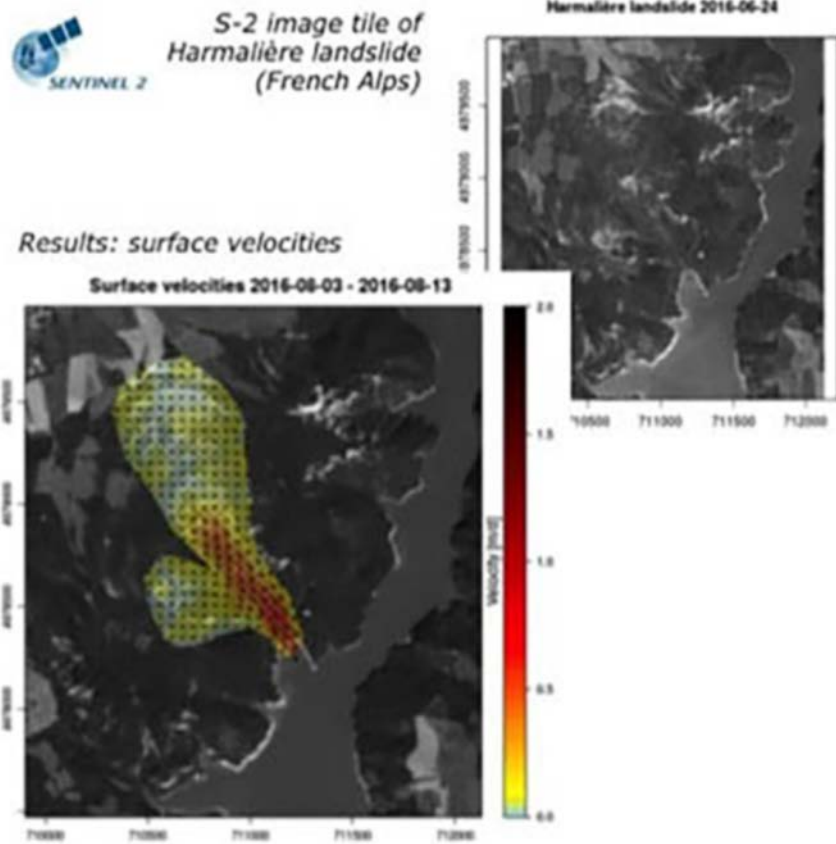
www.modernisation.gouv.fr/documentation/referentiels/le-referentiel-marianne-nouvelle-version

OBSERVATOIRES

DE LA PUISSANCE DE CALCUL POUR UN TRAITEMENT MASSIF ET RAPIDE DES IMAGES SATELLITAIRES SENTINELLE

Les objectifs du projet A2S (Alsace Aval Sentinelle) sont de développer des outils innovants de traitement en temps court de séries temporelles d'images satellitaires (notamment de la constellation Sentinel) autour d'exemples applicatifs tels que le suivi de l'urbanisation, la quantification des mouvements du sol, et l'estimation des surfaces en eau.

Le projet est construit d'une part autour des capacités de recherche et de formation de l'Université de Strasbourg (ICUBE, EOST et LIVE) et, d'autre part, autour de la communauté des utilisateurs régionaux de géo-information. Il s'inscrit dans un cadre national au travers d'une coordination avec les pôles



Champs de déformation calculés avec la chaîne de corrélation d'images multi-temporelle (MPIC) à partir de 20 tuiles Sentinel 2 sur le secteur du Trièves (Sud-Est de Grenoble) pour la quantification de l'activité du glissement de terrain d'Harmalière (réactivé à l'été 2016).

L'INFRASTRUCTURE DU PROJET A2S

L'infrastructure matérielle est constituée de 20 serveurs de calcul bi-processeurs, pour un total de 560 cœurs physiques (localisés physiquement au Mésocentre de l'Université de Strasbourg) et d'un serveur de stockage offrant 260 Téra octets (To) utiles (localisé physiquement au laboratoire ICube). L'ordonnement des calculs sur l'infrastructure partagée est assuré par un système de gestion de «workflows» (WMS) permettant un interfaçage natif avec le système de files d'attente (SLURM) du Mésocentre.

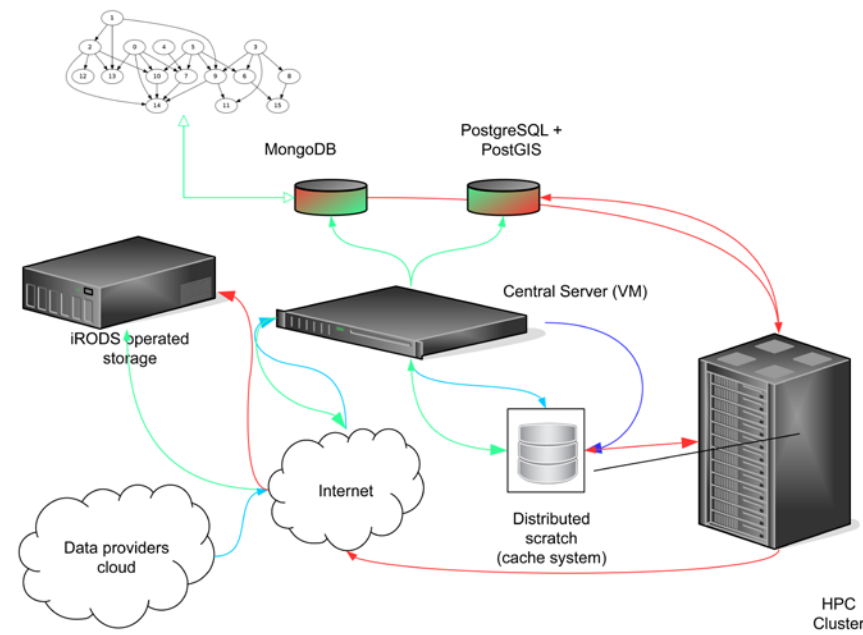
Le système d'information du projet se compose ainsi :

- d'une base de données PostgreSQL (dotée du module PostGIS) pour enregistrer toutes les relations entre les données et leur localisation sur le système de stockage ;
- d'une base de données MongoDB opérée par le WMS pour stocker les workflows et toutes les données afférentes aux tâches de calcul ;
- d'un système de stockage distribué iRODS ;
- d'un système de fichiers distribué à très haute performance intégré à la grappe de calcul et servant de cache au système de stockage, ce qui permet de réduire l'impact des temps d'écriture de fichiers sur les performances de calcul.

de données THEIA (Pôle Thématique Surfaces Continentales) et ForM@Ter (Pôle Thématique Terre Solide).

Depuis mars 2016, David Michéa, l'ingénieur de recherche de ce projet collaboratif au sein de l'Université, est hébergé à l'EOST. Il est responsable des développements non thématiques liés au projet, tels que la définition de l'infrastructure et du système d'information (SI), du développement et de l'intégration du système de calcul, de l'optimisation des algorithmes de recherche, et de la mise en production et du suivi des calculs sur l'infrastructure.

Les investissements de la phase 1 sont sur le point d'être réalisés avec l'achat des serveurs et la mise en place du système d'information (voir encart). Le système commence les traitements aussitôt qu'une archive a pu être téléchargée sur les dépôts d'images (ESA/SciHub, CNES/PEPS, Amazon/AWS) et est dimensionné pour pouvoir traiter des emprises supérieures à un million de km² en moins de 24h après réception des images Sentinel 1 (radar) et Sentinel 2 (optique). Le système de calcul est construit autour d'un ordonnancement dynamique de tâches. Pour les emprises choisies, un programme scrute les catalogues d'images. Sitôt qu'une nouvelle archive est disponible, elle est automatiquement intégrée au système de stockage, puis un programme



permet d'ingérer les données et métadonnées au système d'information et de créer les workflows (flux) de traitement pour générer les produits thématiques souhaités : calcul d'attributs, correction géométrique, cartes des mouvements de sols, de surfaces en eau, d'occupation du sol. Les workflows ainsi générés sont en attente d'exécution par les nœuds disponibles de la grappe de calcul. Ils sont composés de tâches dont certaines sont destinées, notamment à la fin des traitements, à générer dynamiquement de nouveaux graphes de traitement à rattacher au workflow en cours d'exécution. Ainsi les workflows sont construits dynamiquement à mesure que sont calculés de nouveaux produits, qui peuvent donc à leur tour servir de sources aux traitements suivants. Le parallélisme fort ou faible (problème dit de parallélisme embarrassant en calcul haute performance) est facilement pris en compte par l'interfaçage du WMS (Workflow Management System) avec le système de gestion de files du Mésocentre. Ceci permet ainsi de lancer un programme en parallèle (avec les interfaces OpenMP ou MPI) et/ou de prévoir

de lancer plusieurs instances d'un même programme sur des données différentes lors de la création du workflow. Le problème de la grande taille des données (plusieurs Go par image) à traiter, et donc à déplacer, est ici réduit par l'utilisation intensive d'un cache ultra-rapide en local.

Certaines chaînes de traitement thématiques sont en phase finale d'intégration avant un test opérationnel sur les serveurs de calcul. Par exemple, une capacité de calcul rapide de modèles numériques de surface à partir d'images stéréoscopiques optiques a été développée par un post-doctorant (André Stumpf) en s'appuyant sur la librairie Mic-Mac. Cette chaîne est complétée par la possibilité d'analyser des séries temporelles d'images (corrélation, interférométrie) pour quantifier les champs de déformation à plusieurs échelles spatiales et temporelles (déplacement co-sismique, déplacement de glissements de terrain ou de glaciers).

Jean-Philippe Malet, David Michéa et Bernard Allenbach (ICube)

PAGE DU PROJET a2s.unistra.fr
 ICUBE icube.unistra.fr
 LIVE live.unistra.fr
 MÉSOCENTRE UNISTRA hpc.unistra.fr
 FORM@TER poleterresolide.fr
 THEIA www.theia-land.fr

Schéma de l'infrastructure de calcul et de stockage A2S pour l'exploitation rapide de flux massif d'images satellitaires.

BIENNALE DU RÉSEAU ACCÉLÉROMÉTRIQUE PERMANENT AUX ANTILLES

Du 3 au 10 novembre 2016 a eu lieu la Biennale du Réseau accélérométrique permanent (RAP) à Sainte-Anne en Guadeloupe. Cette manifestation a rassemblé 83 scientifiques, ingénieurs, techniciens et gestionnaires de crise, issus de divers organismes (laboratoires de recherche, observatoires, collectivités locales, Ministères).

Que ce soit sous la forme de séminaires de type «keynotes», de sessions orales et posters thématiques ou d'une séance «ma thèse en 120 secondes», les sujets traités ont été très nombreux. Des sessions spéciales ont permis de faire le point sur quelques séismes récents (Equateur, Italie, France) et sur l'évaluation du risque sismique aux Antilles. De nouvelles thématiques ont été abordées comme le lien entre séismes et glissements de terrain ou le mouvement sismique haute-fréquence, et un focus particulier a été mis sur les travaux aux interfaces entre génie civil, alerte/urgence et éducation/prévention. Côté technique, cette biennale a été l'occasion de faire le point sur le fonctionnement du réseau ainsi que sur les modes d'acquisition et de communication des données ou les différents outils développés pour le suivi à distance des stations.

Formation macrosismique du GIM à l'Observatoire volcanologique et sismologique de Guadeloupe - Crédits : C. Sira (BCSF-RéNaSS)



Neuf personnes de l'EOST ont participé à cet événement et ont présenté les sujets suivants :

- modernisation et Développement du RAP dans le Nord-Est de la France (Cécile Doubre, Héliène Jund, Marc Grunberg et Hervé Wodling).
- séisme de la Rochelle : de l'enquête internet aux résultats terrain (Christophe Sira et Marc Schaming).
- rapidité, volume et précision des témoignages sur les séismes – être proche du temps réel et permettre la diversité des recherches (Christophe Sira, Marc Schaming et Antoine Schlupp).
- vers une ShakeMapTM nationale à partir des données instrumentales et macrosismiques (Métropole et Antilles) (Antoine Schlupp et le Groupe de Travail «Shake-Map»).

La tenue de cette biennale exceptionnelle aux Antilles fut également l'occasion d'organiser différents débats et formations autour de l'aléa et du risque sismique.

A l'initiative de différents acteurs (DGPR, AFPS, RAP, BRGM, DEAL...) trois réunions publiques ont été organisées. Ces tables rondes ont notamment permis d'aborder les aspects de réglementation, de dispositions constructives, d'aménagement territorial parasismique durable mais aussi les types d'informations utiles à la gestion de crise.

Juste avant la biennale, deux actions de formation sur le risque sismique avaient été organisées par l'Université Antilles Guyane en partenariat avec le réseau SISMO@Ecole. La première était à destination des spécialistes (étudiants en thèse, post-doctorants, ingénieurs et techniciens) alors que la seconde était dédiée aux professeurs de collège des Antilles et d'Haïti.

En outre, Christophe Sira, Antoine Schlupp (BCSF/EOST) et Philippe Gueguen (ISTerre) ont donné à l'observatoire de Guadeloupe une formation de niveau 2 sur l'expertise macrosismique de terrain (estimation de la sévérité de la secousse sismique) à destination des experts du Groupe d'intervention macrosismique (GIM). Cette formation a permis de rappeler le cadre opérationnel

de l'intervention macrosismique ainsi que les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sismique et des dommages selon l'échelle européenne EMS-98. Elle a été suivie par une douzaine de participants, venus des observatoires de Martinique, de Guadeloupe, mais aussi de métropole.

Enfin, deux sessions de la formation « Evolution et comportements en environnement dégradé » ont été dispensées auprès des inspecteurs du Groupe Urgence de l'Association française de génie parasismique (AFPS) en Martinique et en Guadeloupe. Ces inspecteurs sont en charge de l'évaluation de l'habitabilité des bâtiments après un tremblement de terre et doivent intervenir rapidement en zone de dommage. Christophe Sira du BCSF, également membre de l'AFPS et des Pompiers de l'Urgence Internationale (PUI), a présenté les notions essentielles permettant d'assurer la sécurité des experts en zone de catastrophe. Le professeur Jehel, psychologue, a abordé la question des chocs psychotraumatiques alors que Pascal Saffache, géographe, a exposé la problématique du tsunami. Ces deux sessions ont été suivies par une cinquantaine d'inspecteurs. Une nouvelle session s'est déroulée à Lyon en novembre dernier.

Christophe Sira



Les participants à la Biennale
Crédits : F. Hollender (CEA/ISTerre)

PROGRAMME SCIENTIFIQUE DE LA BIENNALE
rap.resif.fr/IMG/pdf/livretrap-reduc.pdf



Drone IT-180 en cours d'équipement d'une perche de mesure magnétique. Crédits : Marc Munsch, Paul Calou.

TROPHÉE DE L'INNOVATION POUR L'UTILISATION D'UN DRONE AÉRIEN POUR EFFECTUER DES MESURES DU MAGNÉTISME DES NAVIRES

Le Trophée de l'innovation a été décerné à un brevet d'utilisation de capteurs magnétiques trois composantes pour la mesure du champ magnétique et la compensation dues à des engins navals. Ce brevet, baptisé STERNA, est le résultat d'une collaboration entre une équipe de l'IPGS et la société ECA-EN.

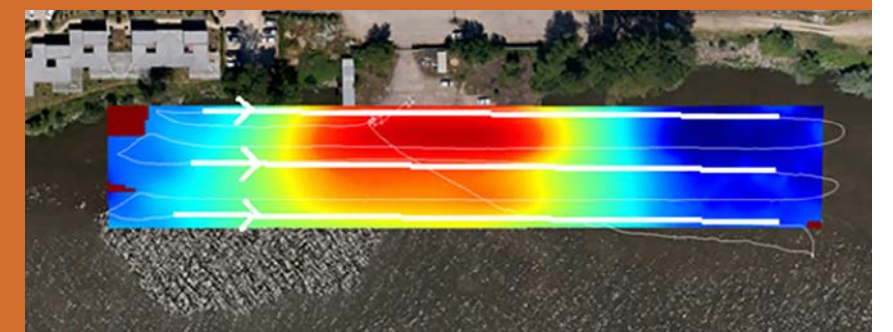
Une des spécialités de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg (IPGS, UMR 7516) à l'École et Observatoire des Sciences de la Terre de l'Université de Strasbourg est la mesure magnétique et son interprétation appliquées aux sciences de la Terre. Dans ce cadre, l'IPGS a développé un système de mesures original basé sur la mesure des trois composantes du champ magnétique à l'aide de capteurs magnétiques à vanne de flux. De façon générale, les mesures magnétiques en sciences de la Terre, tant du point de vue scientifique qu'industriel, se font à l'aide de capteurs scalaires qui mesurent donc la norme du champ magnétique. L'avantage de l'utilisation de capteurs vectoriels ne réside pas dans la mesure du champ vectoriel car on ne sait pas orienter, pour l'instant, suffisamment précisément le capteur dans un référentiel terrestre absolu. Ce qui est déterminant est que les mesures magnétiques vectorielles non orientées permettent de calculer simplement un modèle de compensation de l'effet des aimantations d'objets liés au capteur. Cette modélisation n'est pas possible à réaliser avec des capteurs scalaires. On peut ainsi faire des mesures précises de la norme du champ magnétique compensée sans faire

appel à des opérations compliquées. Cette méthode de correction est appliquée par le laboratoire à des mesures à terre, en mer et en l'air à bord de drones ou d'avions.

ECA-EN, filiale du groupe ECA, basée à Nantes, est en charge de la fabrication et de la vente de systèmes électriques automatisés de contrôle et commande de systèmes électroniques de puissance et convertisseurs associés, mais aussi plus récemment de l'activité « Magnétisme du Navire ». La protection des navires militaires porte en particulier sur la réduction de leur champ magnétique dû aux métaux utilisés pour leur construction. De façon générale, il s'agit de construire des navires le moins aimantés possible, mais cela ne corrige qu'une partie du problème. La deuxième méthode consiste à créer à bord du navire, en utilisant des boucles de courant, un champ magnétique qui annule le champ magnétique. Enfin il faut s'assurer que les systèmes fonctionnent correctement en mesurant le champ magnétique du navire. ECA est

présent dans ces trois activités et la dernière d'entre elles, appelée Ranging ou station de mesures, est fondamentale pour réaliser la mise en œuvre et l'évaluation opérationnelle des deux autres. Ces mesures magnétiques sont majoritairement réalisées par des stations de mesures composées de capteurs disposés sur le fond marin, reliés par câble à une infrastructure à terre qui comprend les moyens d'analyse et à partir de laquelle agissent les experts. Une demande récurrente des services opérationnels est le développement de stations de mesures portables, permettant d'évaluer les risques sur la zone d'opération du bâtiment qui peut être très éloignée du port d'attache. Aucune réponse satisfaisante n'était donnée à ce jour pour ce type de systèmes par les industriels (stations trop lourdes, trop encombrantes, difficiles à mettre en œuvre, etc.).

Cette activité fait l'objet d'une collaboration avec l'IPGS depuis 2015 comprenant la thèse de Paul Calou. Un des sujets consiste à me-



Exemple de carte magnétique résultant des trois passages du drone IT-180 au dessus d'un navire.
Crédits : Marc Munsch, Paul Calou.

sur l'effet magnétique d'un navire ou d'un sous-marin, non pas comme cela se fait habituellement avec des capteurs magnétiques immergés, mais en utilisant un drone. Cette nouvelle méthode de mesure a fait l'objet du dépôt d'un brevet en 2016 et lors du salon Euronaval 2016, Jean-Yves Le Drian, ministre de la Défense, a remis le trophée de l'Innovation au Groupe ECA lors de l'inauguration du salon Euronaval pour ce brevet baptisé STERNA®. Le brevet combine l'utilisation d'un UAV (par exemple l'IT180) et d'un capteur magnétique emporté par le drone pour effectuer des mesures du magnétisme d'un navire. Le drone IT180 est un mini UAV à voilure tournante qui peut être aisément mis en œuvre depuis tout navire du fait de son faible encombrement et de sa grande précision de navigation y compris par grand vent. En outre, il peut être configuré en version drone captif (IT180-999) pour les tâches de relai radio, détection de mines dérivantes...

L'innovation récompensée aujourd'hui par ce trophée consiste à faire porter par ce drone un capteur magnétique qui va pouvoir mesurer le magnétisme du navire lors de son survol. Avoir un magnétisme faible est primordial pour ces navires de manière à éviter d'exploser sur les mines capables de détecter une masse magnétique. La mesure du magnétisme des navires est donc importante car elle permet ainsi de régler des systèmes de compensation présents sur les navires afin d'ajuster ce magnétisme aux valeurs les plus faibles possibles.

Avec cette innovation, tout navire équipé d'un IT180 pourra vérifier et régler périodiquement et fréquemment son magnétisme quand ceci n'est aujourd'hui possible que sur des bases sous-marines souvent fixes.

Marc Munsch, Paul Calou

VOIR LA VIDÉO www.youtube.com/watch?v=6_9mqCxp-WM

DES SÉISMES QUI SE RÉPÈTENT TOUS LES 8 MOIS LE LONG DE LA FAILLE DE MARMARA

La faille anatolienne Nord (FNA) présente un risque sismique important pour les grandes villes autour de la région de la mer de Marmara, et tout particulièrement la mégapole d'Istanbul. En effet, un long segment de cette faille, sous la mer de Marmara, est actuellement très proche de la rupture. Cette lacune sismique d'environ 150 km de long correspond à la faille principale de Marmara (MMF). Depuis le séisme d'Izmit 1999 qui a rompu le segment à l'Est, un important suivi de l'activité de la faille a été initié à l'aide d'un large éventail de techniques adaptées au contexte d'une grande faille en décrochement recouverte par la mer. Un des problèmes importants pour l'évaluation de l'aléa sismique dans la région est de savoir si la faille de Marmara est totalement ou partiellement bloquée. En effet, le long des segments bloqués, les failles accumulent une énergie de déformation qui se relâche brusquement lors de grands tremblements de terre. Par ailleurs, comme le suggèrent plusieurs études récentes, il existe aussi des segments le long de la FNA qui relâchent une partie de leur chargement tectonique par fluage¹ sans activité sismique importante. Dans ce second mode, l'énergie de déformation accumulée est sensiblement réduite. L'objectif de notre propre étude est de fournir des informations sur le mode de fonctionnement de la faille de Marmara.

Pour cela, nous nous intéressons plus spécifiquement aux tremblements de terre répétitifs (« repeaters ») qui sont typiquement de petits séismes se répétant exactement au même endroit sur la faille et pour lesquels la taille de la rupture fait quelques centaines de mètres. Leur étude apporte des éléments nouveaux sur le comportement des failles. Ils suggèrent en particulier l'existence d'aspérités localisées et mécaniquement découplées du reste

de la faille, se comportant comme des oscillateurs indépendants. Ils sont liés à des chutes de contrainte limitées liées à un régime ductile². Par ailleurs, pour obtenir ces tremblements de terre répétitifs, il est nécessaire d'avoir un rechargement efficace et persistant de l'énergie potentielle de déformation autour de ces aspérités. Ils sont donc des traceurs de l'évolution de l'état mécanique de la faille. Dans certains cas, comme la faille de San Andreas, le chargement tectonique pourrait suffire à expliquer la périodicité des séismes répétitifs, en particulier lorsque les aspérités sont suffisamment petites. Dans d'autres cas, les événements répétitifs, éventuellement plus rapides que le chargement tectonique, sont généralement expliqués par un glissement lent et aisé de la zone de faille qui entoure les aspérités.

A partir du suivi de la sismicité du bassin Central de la mer de Marmara entre 2008 et 2015, nous avons extrait neuf groupes d'événements sismiques très semblables parmi les milliers d'événements qui ont été enregistrés pendant cette période. Une importante propriété commune à ces groupes d'événements est qu'ils présentent de fortes corrélations sur une fenêtre de temps très longue (correspondant à leur durée totale). En d'autres termes, toutes les phases des formes d'onde, y compris les arrivées directes, les phases converties et la coda sont extrêmement similaires. Ainsi, leur probabilité de provenir de la même aspérité est très grande. À partir d'une technique d'interférométrie de coda, nous avons conclu que les événements de

chaque groupe sont co-localisés à quelques centaines de mètres près. Leurs mécanismes au foyer semblent également être très cohérents avec le contexte de décrochement de la MMF. Fait intéressant, les phases converties au fond du bassin sédimentaire (à 6 km de profondeur) confirment la localisation profonde de cet ensemble d'événements pourtant tous petits (Magnitude Mw entre 1 et 2.5). L'analyse spectrale permet de décrire la mécanique globale de la source des événements : une zone de rupture de l'ordre de 100 m, avec une très faible chute de contrainte (environ 10 bars). Cette faible chute de contrainte ainsi qu'une indépendance vis-à-vis des plus grands tremblements de terre régionaux suggèrent que la région est en régime ductile avec un niveau de contrainte élevé. Ceci est également compatible avec la complexité régionale du réseau de failles et la présence d'essaims de séismes. Toutes ces observations montrent que ces groupes d'événements sont des séismes répétitifs le long de la FNA. L'analyse détaillée de la chronologie de ces événements répétitifs indique que deux horloges internes existent : une échelle de temps courte de quelques heures liée aux séquences intermittentes d'événements comme les répliques éventuellement associées à la relaxation post-sismique ; et une échelle de temps longue de 7,6 mois avec une récurrence quasi-périodique liée possiblement à des processus d'accélération du fluage. Le glissement cumulé de chaque groupe d'événements répétitifs est petit mais reste significatif par rapport au glissement géodésique. Étonnamment, le glissement cu-

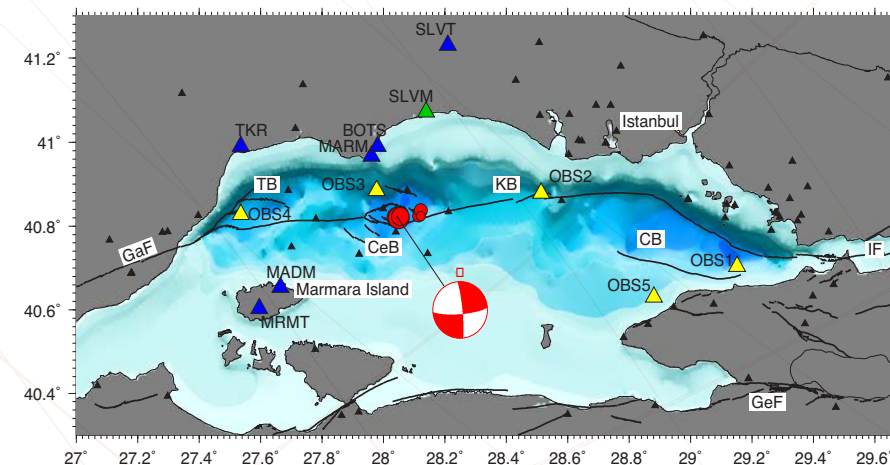
mulatif sommé sur l'ensemble des groupes d'événements répétitifs concorde avec le glissement géodésique de 23 mm/an. Ceci suggère que tous les événements répétitifs appartiennent à une même grande aspérité de 10 km et sont les multiples réponses de sa déformation d'ensemble. Ils confirment qu'une partie importante de la région de Marmara subit un glissement en fluage important ce qui pourrait réduire le risque sismique dans la région.

Jean Schmittbuhl
d'après ses travaux et ceux de
H. Karabulut, O. Lengliné et
M. Bouchon

RÉFÉRENCE J. Schmittbuhl, H. Karabulut, O. Lengliné, and M. Bouchon (2016), Long-lasting seismic repeaters in the Central Basin of the Main Marmara Fault, *Geophys. Res. Lett.*, 43, doi:10.1002/2016GL070505.

1 / **FLUAGE** mode de déformation des roches au cours du temps sous une contrainte constante.
2 / **DUCTILE** type de comportement des roches qui, soumises à une contrainte dépassant un certain seuil dit de plasticité ou de fluage, ne se déforment plus élastiquement mais plastiquement.

ML	
○	3.0
○	2.0
○	1.0



Localisation des événements répétitifs dans la mer de Marmara au cours de la période 2008-2015 (en rouge). Les bassins le long de la faille de Marmara (MMF) sont d'Ouest en Est : Tekirdag (TB), Bassin Central (CeB), Kumburgaz (KB) et Cinarcik (CB). Les emplacements des OBS permanentes de KOERI sont indiqués par des triangles jaunes (2011-2012). Les stations régionales proches sont représentées avec les triangles bleus. Notre analyse se concentre sur les formes d'onde d'OBS3 et de la station SLVM (triangle vert) qui est l'une des stations terrestres les plus proches et ayant le meilleur taux de récupération au cours de la période étudiée. Les petits triangles noirs indiquent les emplacements des autres stations sismiques régionales. Le mécanisme au foyer d'un des événements répétitifs est détaillé et bien cohérent avec le décrochement de la MMF.

DES CHERCHEURS DE L'EOST EN ITALIE SUR LES ZONES TOUCHÉES PAR LES SÉISMES

MESURES IN-SITU D'UNE RUPTURE CO-SISMIQUE DE 1.50 M AU MONTE VETTORE ASSOCIÉE AU SÉISME DE MAGNITUDE MW 6.6 DU 30 OCTOBRE 2016 EN ITALIE CENTRALE

La crise sismique qui s'étend du 24 août au 30 octobre 2016 dans les Apennins a vu une succession de 5 séismes majeurs de magnitude 5.4 à 6.6. Le premier choc du 25 août 2016, de magnitude Mw 6.0, débute la crise en pleine nuit (3h36 heure locale) et est responsable de la majorité des quelques 300 victimes de cette crise. Ce premier choc a provoqué la destruction, entre autres, du centre-ville d'Amatrice. Il a été suivi une heure plus tard par un séisme de magnitude Mw 5.4 situé à 15 km au nord-ouest du premier choc. Deux mois plus tard, le 26 octobre en milieu d'après-midi, un autre choc de magnitude 5.4, suivi à quelques minutes d'un choc de magnitude 6.0 au même endroit, ébranle la région au nord des deux premiers chocs, permettant la mise en alerte de la région et la mise en sécurité de la population. Alors qu'on aurait pu croire la crise terminée, 4 jours plus tard, le 30 octobre au matin (8h40 heure locale) un choc de magnitude Mw 6.6 (GMT) situé au milieu des quatre précédents secoue à nouveau la région.

Suite aux premiers séismes du 24 août, il est rapidement fait état de ruptures de surfaces le long de la trace géologique de la faille normale du Monte Vettore. L'observation de ruptures de surface associées à un séisme n'est pas toujours la règle, en particulier pour des séismes proches de la magnitude 6, les traces associées aux crises sismiques de Colfiorito (1997) ou de L'Aquila (2009) étaient discontinues et de petite taille (quelques centimètres). Un groupe d'une dizaine de chercheurs de l'IPGS et du LIVE, mais aussi du CEREGE, de l'IPGP, de Géosciences Montpellier, de Géoazur, s'est rapidement formé avec le soutien du CNRS-INSU, du Labex OT-MED, de l'EOST ainsi que de l'équipe «Déformation active» de l'IPGS. En collaboration avec l'INGV et l'Université de Chieti-Pescara, l'équipe s'est rendue sur place pour ausculter le terrain. Une première mission, du 11 au 16 septembre, a permis de cartographier une rupture sous la forme d'un escarpement vertical de 15 à 20 cm de hauteur continu sur plusieurs kilomètres le long de la faille du Monte Vettore (Province d'Ascoli Piceno). Des levés topographiques de pré-

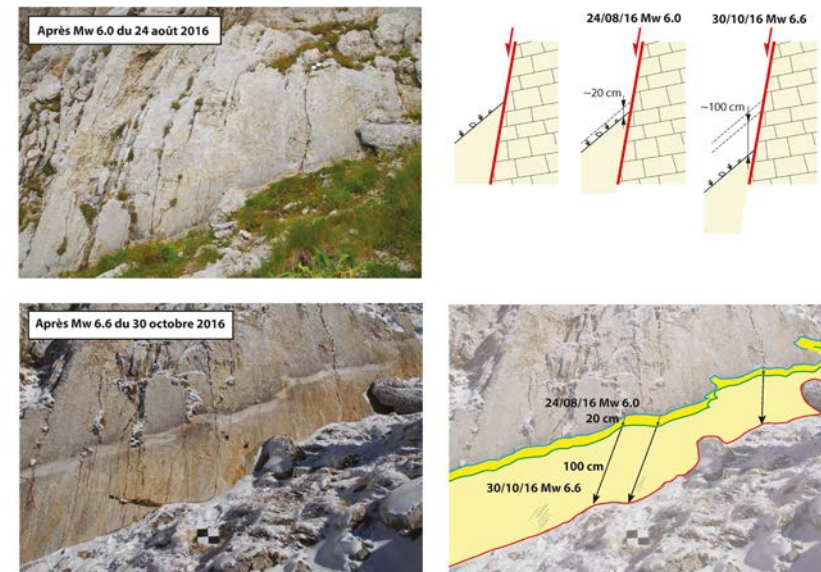
cision ont été effectués en champ proche avec un scanner 3D Faro et de la photogrammétrie, et en champ lointain avec un scanner lidar terrestre longue-portée Riegl VZ-2000. Au total, une superficie de l'ordre de 9.6 km² et une longueur de rupture de 4.2 km ont été documentées.

Le choc du 30 octobre de magnitude Mw 6.6, le choc majeur de cette crise, s'est produit sur la même faille que les chocs du 24 août, mais avec un déplacement beaucoup plus important atteignant 1 à 2 m sur plus de 7 km de longueur. Le même groupe s'est de nouveau rendu sur le terrain du 7 au 14 novembre, avec les mêmes instruments, pour cette fois-ci, non seulement documenter cette deuxième rupture importante, mais refaire des levés topographiques de précision aux mêmes endroits qui avaient été mesurés en septembre.

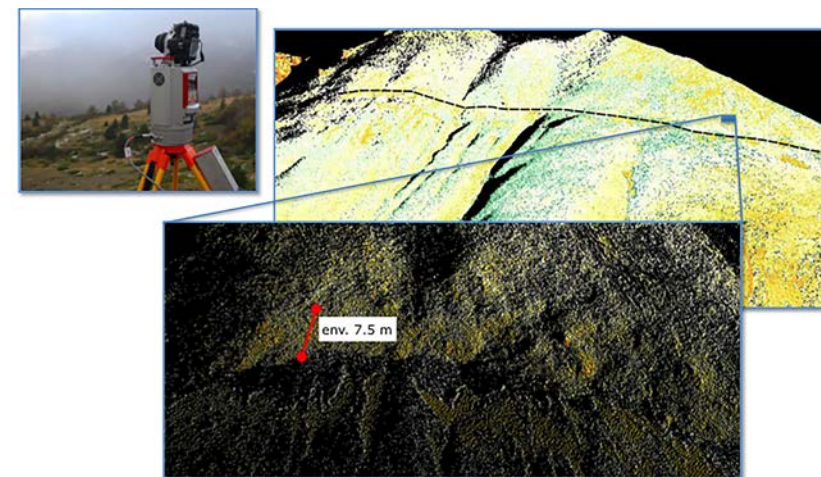
L'équipe possède donc un jeu unique de données de haute précision avant et après l'un des plus gros séismes d'Italie et d'Europe provoquant une rupture de surface. Ces données in-situ seront analysées conjointement à l'analyse de données satellitaires Pléiades (résolution de 50 cm) acquises avant et après le choc du 30 octobre, devant permettre l'élaboration de modèles numériques d'élévation et le calcul des champs de déplacement co-sismique. Ce travail est notamment mené par un doctorant (Pierrick Bornemann) et un post-doctorant (André Stumpf) de l'équipe Dynamique globale de l'IPGS, ainsi qu'un étudiant de Master Sciences de la Terre de l'EOST.

L'observation d'une rupture co-sismique de 2.0 m de hauteur (en moyenne) lors d'un séisme en faille normale est unique dans le bassin méditerranéen. Comprendre le lien entre la rupture co-sismique observée et l'escarpement cumulé décennométrique est un enjeu important pour préciser l'aléa sismique des Apennins et ailleurs, là où des études d'aléa reposent sur l'analyse paléo-sismologique des escarpements cumulés de socle.

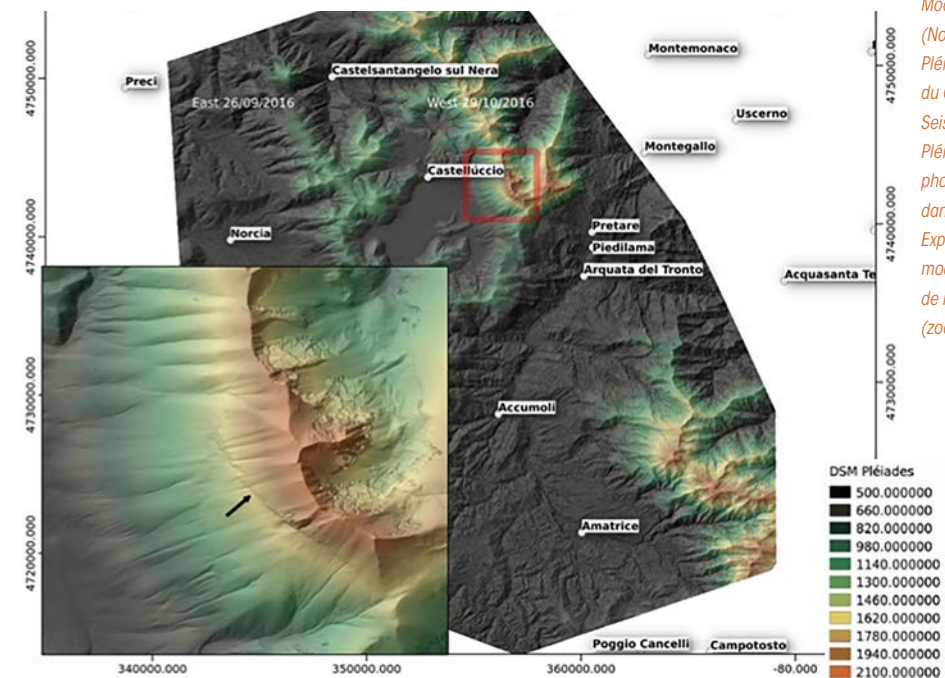
Jean-Philippe Malet
Jérôme Van der Woerd



Vue du plan de faille du Monte Vettore dans les calcaires du Jurassique (Cima del Lago) après le séisme du 24 août et le même endroit après le séisme du 30 octobre. Les glissements dus aux séismes exhument progressivement le plan de faille de roche calcaire à l'origine enfoui sous le sol et les colluvions au pied de l'escarpement cumulé. On voit distinctement 2 bandes plus claires qui correspondent aux glissements respectifs des 2 séismes, l'une d'environ 20cm de hauteur dû au séisme du 24 août et l'autre d'environ 1.20m dû au séisme du 30 octobre. Les profils de glissement ainsi que les stries gravées sur le plan de faille permettent de reconstituer avec précision le vecteur glissement le long de la rupture.



Exemple d'acquisition par scanner LiDAR longue-portée avec le nuage de point complet de la scène (distance moyenne à la cible de 1.2 km) et un détail sur la morphologie topographique des ruptures de surface. Les nuages de points ont une densité de l'ordre de 1500 points par m².



Modèle de surface du secteur Amatrice (Sud-Est) – Preci (Nord-Ouest) construit à partir d'images tri-stéréo Pléiades acquises pour le projet pilote 'Activité Sismique' du Comité des Satellites d'Observation de la Terre (CEOS Seismic Activity Pilot). Les images panchromatiques Pléiades ont été analysées avec la chaîne de traitement photogrammétrique DSM-OPT développée par l'EOST dans le cadre des projets ESA GEP (Geohazards Exploitation Platform) et A2S (Alsace Aval Sentinelle). Le modèle de surface permet de bien délimiter les surfaces de ruptures majeures au Sud-Ouest du Monte Vettore (zoom).

LA MISSION D'ÉTUDES DES DOMMAGES AUX BÂTIMENTS

En parallèle des missions de mesure des ruptures co-sismiques, Christophe Sira, membre du Bureau central sismologique français a accompagné l'Association française du génie parasismique (AFPS) dans le centre de l'Italie afin d'étudier le séisme du 24 août. L'objectif des missions post-sismiques de l'AFPS est d'en tirer des enseignements qui permettent de préconiser à l'Etat français des mesures préventives pour diminuer les impacts sismiques sur notre territoire.

La mission s'est déroulée du 15 au 21 Octobre 2016, avec un groupe formé de douze personnes de compétences complémentaires :



ingénieurs structures, géologues, gestionnaires du risque, sismologues. Cette mission AFPS-BCSF était pilotée par Didier Combescure (ITER-International Thermonuclear Experimental Reactor et président du conseil scientifique et technique de l'AFPS). Trois membres du Groupe d'intervention macrosismique (GIM) du Bureau central sismologique français faisaient partie de l'équipe 1. Deux membres de l'European center for training and research in earthquake engineering de Pavie se sont joints à la mission pour travailler sur des points spécifiques (visite des barrages et travaux sur des outils d'estimation de l'intensité macrosismique).

La mission a été réalisée en étroite collaboration avec les organismes italiens impliqués dans la gestion de crise et la prévention : la Protection civile, l'Istituto nazionale del geofisica e vulcanologia (INGV), les universités La Sapienza de Rome et de Pescara, ainsi que les pompiers italiens.

Les spécialistes ont étudié les questions liées à l'aléa sismique et géotechnique, au comportement des structures, à la gestion de crise et à

la reconstruction/recomposition, à la validation et l'amélioration des procédures d'enquêtes macrosismiques du BCSF, à la validation des analyses de dommages par images satellites du SERTIT, à la sécurité des personnels dédiés aux expertises bâtimentaires.

Pour le BCSF et le GIM, le séisme représentait, par ses caractéristiques et sa proximité géographique, une opportunité majeure pour évaluer les méthodes d'expertises d'intensités dans des gammes d'intensités possibles (IX-X), mais jamais atteintes en France depuis l'utilisation de l'échelle macrosismique EMS-98 en 2000.

Cette mission a aussi permis de mieux approcher les méthodes d'enquêtes et les échelles



Photos : Centre ville d'Amatrice, 19 octobre 2016 (Mission AFPS)

macrosismiques utilisées par les italiens pour produire une information macrosismique rapide sur une zone fortement endommagée. Elle a permis de tester l'application de collecte d'informations macrosismiques (dommages et vulnérabilité) sur tablette numérique, développée en août 2016 par le BCSF à partir de l'application « Collector » d'ESRI. Une expertise « test » d'intensités a été réalisée sur le village de Castelluccio del Norcia recoupant les résultats obtenus par l'INGV.

Au-delà de l'utilisation possible des images satellites réalisées par le programme Copernicus pour l'analyse de dommages, l'idée de faire intervenir rapidement des drones s'est imposée. Cela permettra de figer les scènes de dommages dans les villes affectées, avant que la succession des répliques et le travail des pompiers ne modifient le niveau d'endommagement initial des bâtiments (ce niveau initial étant un précieux indicateur de la sévérité de la secousse au sol). Le BCSF a pu ainsi valider pour la France la mise en place d'une procédure d'urgence pour déterminer les intensités supérieures ou égales à VIII à partir de la fréquence des dommages de degré 4 et 5 observables (endommagement grave à ruine totale). Dans les semaines qui suivent le séisme, l'enquête de terrain et les images collectées permettent d'affiner les intensités sur toute la zone épiscopale.

L'aspect sécurité des experts sur le terrain, notamment au cœur des zones rouges à accès restreint des villes endommagées, a été particulièrement mis en lumière lors de cette mission. C'est surtout le séisme de magnitude 6.5 qui a frappé à nouveau la région le 30 octobre 2016, détruisant pratiquement totalement ce qui restait des centres villes les plus affectés (Amatrice, Pescara del Tronto, Aquarta del Tronto...), qui a montré le danger accru pour les équipes sur le terrain. De nombreuses règles sont donc apparues évidentes dans le cadre des expertises de terrain pour assurer la sécurité des groupes d'experts. Ces démarches de sécurité ont d'ailleurs été ajoutées dans les formations des inspecteurs de l'AFPS réalisées par Christophe Sira aux Antilles après la mission.

Le rapport détaillé de mission sera disponible auprès de l'AFPS courant février. Cette mission sera présentée au Ministère de l'Environnement et de la mer (MEEM) le 15 février 2017. Une retransmission en vidéo conférence devrait être accessible. Une seconde présentation aura lieu à Nice dans le courant de l'année.

Christophe Sira

BCSF-RÉNAISS

east.unistra.fr/observatoires/sismologie/bcsf-renass

AFPS www.afps-seisme.org

SERTIT sertit.u-strasbg.fr/

GIM Le GIM est un groupe multi-organismes dédié à l'estimation des intensités macrosismiques sur le terrain pour des séismes générant des dommages aux bâtiments (intensités supérieures à V). Ont participé à la mission : Christophe SIRA (BCSF), Robin Faivre (SERTIT, Service régional de traitement et de télédétection), et Anne Duchez (CEREMA, Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement)

COMMENT LES CRACKS SONT CHAUDS ET COOLS : UNE QUESTION BRÛLANTE DANS LE PAPIER

La déformation jusqu'à la rupture des solides peut être accompagnée par de très importants échanges thermiques. La température en pointe de fissure peut effectivement augmenter de manière considérable, de plusieurs centaines, voire milliers de degrés. De telles augmentations de température locale peuvent par la suite modifier grandement les propriétés mécaniques des matériaux, et notamment conduire à leur affaiblissement et par conséquent faciliter leur rupture. Différentes approches théoriques ont récemment proposé qu'un tel auto-échauffement pourrait être à l'origine de l'instabilité de rupture saccadée d'élastomères, voire même être responsable de séismes profonds en facilitant le glissement de failles.

Aussi, afin de mieux comprendre et éventuellement empêcher des événements de rupture catastrophique, il apparaît crucial d'être capable d'établir un bilan énergétique précis de la propagation de fracture, à partir de l'estimation claire des différentes sources de dissipation d'énergie et notamment celle sous forme de chaleur. C'est exactement ce qu'a pu réaliser une collaboration internationale de chercheurs de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, du Laboratoire de Physique de l'ENS de Lyon et de l'Université d'Oslo, dans une étude récemment parue dans Soft Matter.

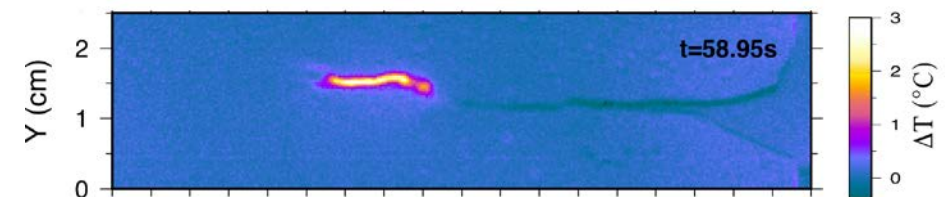
En combinant calculs analytiques, simulations numériques, et expériences de laboratoire, ces physiciens ont pu relier directement le champ de température autour de la pointe d'une fissure à la fraction α d'énergie mécanique transformée en chaleur lors de la propagation de cette fissure. Grâce au suivi de la croissance lente d'une fissure dans une feuille de papier au moyen d'une caméra infra-rouge, ils ont réussi à mesurer cette fraction $\alpha = 12\% \pm 4\%$, qui peut atteindre des valeurs très importantes de l'ordre de 40% lors d'avalanches. De plus, leurs travaux démontrent que l'accumulation de chaleur auto-générée lors de la déformation et rupture des échantillons de papier pourrait déclencher la combustion de microfibrilles en pointe de fissure, et ainsi expliquer la transition vers un régime de rupture dynamique, avec des vitesses de fracture importantes, observées expérimentalement.

Renaud Toussaint

CONTACTS EAST R. Toussaint & O. Lengliné, IPGS, CNRS-INSU

LIEN pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/sm/c6sm00615a#divAbstract

RÉFÉRENCE Renaud Toussaint, Olivier Lengliné, Stéphane Santucci, Tom Vincent-Dospital, Muriel Naert-Guillot et Knut Jørgen Måløy, How cracks are hot and cool : a burning issue for paper, Soft Matter, 2016, Advance Article, DOI : 10.1039/C6SM00615A



Champ de température lors de la propagation d'une fissure dans une feuille de papier

Crédits : S. Santucci, O. Lengliné, K.J. Måløy, R. Toussaint

UNE APPLICATION SUR TABLETTE POUR DÉCOUVRIR LA SISMOLOGIE

LES PRESSES UNIVERSITAIRES DE STRASBOURG ET TROIS ENSEIGNANTS-CHERCHEURS DE L'EOST ONT RÉCEMMENT RÉALISÉ ET MIS EN LIGNE UNE APPLICATION POUR TABLETTES MOBILES DÉNOMMÉE «SISMOLOGIE». L'OBJECTIF DE CETTE APPLICATION, DESTINÉE À UN LARGE PUBLIC, EST DE DONNER DES CLEFS DE COMPRÉHENSION DE CETTE SCIENCE À TRAVERS UNE PRÉSENTATION LUDIQUE ET INTERACTIVE.

L'application s'organise autour de six tableaux permettant d'aborder différentes notions : répartition mondiale de la sismicité, reconnaissance d'ondes sismiques, méthodes de caractérisation d'un séisme (localisation, magnitude, mécanisme au foyer), sismologie et structure du globe, types de sources sismiques et histoire des instruments et des réseaux. La notion de sismogramme est au cœur de l'application.

Les auteurs ont voulu mettre en exergue la richesse des informations qu'ils contiennent, comment ils sont enregistrés et la manière dont on peut les analyser pour comprendre les séismes et la structure interne de notre planète. L'objectif était également de tirer



Une des pages de l'application permettant d'aborder la notion de mécanisme au foyer

pleinement parti de ce type de support en proposant à l'utilisateur différents modes d'interaction originaux. Il est ainsi possible de localiser un séisme en faisant coïncider les temps d'arrivée des ondes P et S, d'explorer l'effet du mécanisme au foyer sur la forme des ondes enregistrées, ou d'écouter un trémor volcanique (vibrations provoquées par la remontée du magma) en version accélérée ! Bref, c'est un moyen moderne de (re)découvrir la sismologie !

«Sismologie» vient étoffer l'offre numérique des Presses universitaires de Strasbourg qui proposent déjà l'application Mathcal associée au calendrier mathématique. Elle offre dans ce cadre une visibilité accrue à l'EOST et réaffirme le rôle historique de notre Université dans le domaine de la recherche, de l'enseignement et de l'observation en sismologie.

L'application sera lancée officiellement jeudi 9 février au musée de sismologie, en présence de journalistes et de représentants de l'Université et de l'Académie. Cette manifestation permettra de mieux faire connaître l'application, notamment aux enseignants du secondaire qui trouveront dans cette outil un complément original et ludique à leurs enseignements.

L'application fonctionne sur n'importe quelle tablette disposant d'un système d'exploitation iOS ou Android récent. Elle est disponible en français et en anglais sur les plateformes App Store et Google Play au tarif de 4.99€ (prix de lancement). Il est envisagé de proposer des versions gratuites ou à tarif réduit pour le monde académique. Si vous souhaitez tester cette application, vous pouvez contacter Zacharie ou Jérôme qui pourront vous fournir quelques codes d'accès.

**Jérôme Vergne
Zacharie Duputel
Valérie Ansel**

TÉLÉCHARGER L'APPLICATION
multimedia.pus.unistra.fr/sismologie

(RE)DÉCOUVERTE D'UN LEGS DE LA COLLECTION ÉMILE DE BARY EN 1939



Le legs de Bary au sous-sol de l'institut en 1955.
Crédits : Joseph Gruner, Institut de Géologie.

Tout récemment, une énigme relative à un lot de 24 caisses d'origine mystérieuse contenant plusieurs milliers d'échantillons de fossiles et minéraux vient de tomber, révélant leur histoire et celle de leur donateur.

Ces caisses, au contenu inexploré, sont constituées d'un assemblage de quatre tiroirs inversés cloués ensemble. Déposées – et oubliées – au Fort Foch¹ lors du déménagement des collections de paléontologie de la Montagne Verte en 1996, elles n'avaient jamais été ouvertes. L'ouverture de l'une d'elles, le 6 juillet dernier, a révélé l'existence de minéraux soigneusement emballés avec leur boîte et étiquette d'origine. Il s'agissait d'en identifier la provenance.

Les journaux ayant servi à l'emballage appartiennent pour l'essentiel au journal Le Petit Var, Journal Républicain Socialiste Quotidien, mais aussi au Journal d'Alsace et de Lorraine, tous datés des années 1930. Un autre journal, le Gebweiler Volksblatt², du 9 mars 1939, nous a permis de situer l'emballage de cette collection juste avant la seconde guerre mondiale.

Un autre indice apparut dans les initiales «E.B.» sur une étiquette que nous connaissons déjà pour l'avoir vue à de très nombreuses reprises accompagnant des échantillons des collections de paléontologie et de pétrographie. Or, ces deux initiales ont pendant longtemps été attribuées – par défaut – à Ernst Wilhelm Benecke, qui fut le premier directeur de l'Institut de Paléontologie, entre 1872 et 1914.

C'est la consultation du fascicule de présentation de l'année scolaire 1938-1939

de l'Université de Strasbourg qui a apporté la solution³. On peut y lire sous le titre «Travaux» page 39 : Le Laboratoire de Géologie a bénéficié de la plus grande part des collections paléontologiques et des ouvrages du don des enfants d'Emile de Bary. Or, justement, Albert de Bary, le fils, est membre du comité de direction de la Société des Amis de l'Université de Strasbourg depuis au moins 1931. C'est donc par lui que s'est effectuée cette donation exceptionnelle, à laquelle s'ajoutent, en plus de sa bibliothèque, un nombre non évalué à ce jour de cartes géologiques. Emile de Bary (1841-1915) était un industriel du textile établi à Guebwiller (Haut-Rhin) où la famille résidait, ainsi qu'à Salindre (Gard), au Château de Rousson. D'une grande curiosité scientifique et passionné par les sciences, il a sa vie durant consacré une énergie considérable à la constitution de trois grandes collections regroupant des milliers d'échantillons de roches, de fossiles et de minéraux du monde entier. D'après ce qu'il est possible d'observer, il a très rigoureusement appliqué à ses collections le classement correspondant aux modèles scientifiques adoptés par les universités françaises de cette époque.

Le déballage des échantillons, poursuivi par une équipe du Jardin des Sciences de l'Université de Strasbourg, a déjà permis d'identifier plus d'une centaine de spécimens fossiles issus de collectes dans les niveaux mésozoïques du sud-est de la France. Une quantité équivalente étant déjà présente dans les sous-sols de l'EOST rue Blessig, on peut penser que les échantillons de pétrographie, aujourd'hui stockés au fort Foch, avaient été entre-temps et en partie déballés pour être utilisés comme matériel pédagogique dans les années 40 et 50.

Denis Leybold, musée de minéralogie et Kévin Janneau, collections de paléontologie

UNE SEMAINE POUR DÉCOUVRIR LES SCIENCES DE LA TERRE DU 25 AU 29 MARS

L'EOST CO-ORGANISE UNE «SEMAINE DES SCIENCES DE LA TERRE» DU 25 AU 29 MARS PROCHAINS À STRASBOURG, INSPIRÉE DE L'EARTH SCIENCE WEEK INITIÉE PAR L'AMERICAN GEOSCIENCES INSTITUTE, QUI ORGANISE DES ÉVÈNEMENTS DE MÉDIATION SCIENTIFIQUE DANS LE DOMAINE DES GÉOSCIENCES.

Cette première édition alsacienne destinée aux scolaires, lycéens et au grand public est coordonnée par Kevin Janneau, responsable des collections de paléontologie de l'EOST et membre du Jardin des Sciences de l'Université de Strasbourg.

Elle propose durant cinq jours un ensemble d'évènements destinés à faire découvrir les sciences de la Terre :

- Sorties géologiques accompagnées dans le massif vosgien et visite à la découverte du patrimoine géologique de Strasbourg
- Ateliers de découverte pour les classes d'écoles élémentaires et de collèges
- Rencontres métiers et visites de laboratoires pour les lycéens
- Conférences grand public
- Projection-rencontre autour d'un documentaire CNRS-Images sur les phénomènes d'érosion des côtes françaises

Le programme, en cours de finalisation, sera mis en ligne prochainement sur une page dédiée du site web du Jardin des sciences.

CONTACT EOST Véronique Bertrand

LA PAGE DE L'ÉVÈNEMENT
tinyurl.com/2lvy3a

- 1 / Ancien fort (Wilhelm Festung), appartenant à l'Université, situé sur la commune de Niederhaubergem à proximité de Strasbourg, où sont actuellement stockées les collections de paléontologie.
- 2 / Gazette populaire de Guebwiller, paraît de 1922 à 1940.
- 3 / Université de Strasbourg, 1939, Reentrée des Facultés, Rapports des Doyens, Comptes rendus des travaux des Facultés et de l'Observatoire, 49 p.

Déballage des échantillons de la collection Emile de Bary, 77 ans plus tard. Crédits : K. Janneau





Barbara Gollain, chargée de collections, avec Denis Leypold, conservateur du musée de minéralogie
Crédits : Denis Leypold

PORTRAIT DE BARBARA GOLLAIN CHARGÉE DE COLLECTIONS À L'EOST

BARBARA GOLLAIN EST ARRIVÉE À L'EOST MI-NOVEMBRE 2016 POUR TRAVAILLER À LA VALORISATION DU MUSÉE DE MINÉRALOGIE ET PRENDRE LES RÊNES DE CE MUSÉE AU DÉPART EN RETRAITE -DANS QUELQUES ANNÉES- DE DENIS LEYPOLD, ACTUEL CONSERVATEUR.

Installée au Jardin des Sciences de l'Université de Strasbourg, elle va collaborer avec l'équipe au quotidien.

Barbara n'a jamais couru le risque de s'en-nuyer : tout au long de son parcours universitaire, elle a mené de front les études et différents emplois qui ont enrichi son expérience et rempli son emploi du temps, soirées, week-ends et vacances compris.

Après sa licence, en 2013, Barbara poursuit un master recherche en Sciences de la Terre et de l'environnement à Lyon, puis enchaîne sur un master en histoire et philosophie des sciences qu'elle obtient en un an. Pendant cette période, elle travaille en parallèle pour les collections de Lyon (CNRS) sur un projet de numérisation de collections (Micro-fossiles et Ammonites) et de mise au point d'une interface web destinée aux chercheurs. Cet outil doit leur permettre d'inventorier leurs échantillons en mutualisant l'enregistrement de leurs travaux respectifs sur une seule et même base sur serveur.

Depuis janvier 2016, Barbara est également médiatrice scientifique au Musée

des Confluences de Lyon. Elle a par ailleurs réussi récemment un concours d'attaché de conservation du patrimoine scientifique, technique et naturel de la fonction publique territoriale qui lui ouvre les portes de musées dans toute la France.

Qu'est-ce qui a bien pu pousser cette jeune femme dynamique et brillante à quitter sa ville d'attache, Lyon, et à négliger les opportunités offertes par la réussite d'un concours très sélectif pour rejoindre l'EOST et le Jardin des Sciences ?

Elle a été conquise par la volonté de l'université de Strasbourg de valoriser les collections de Géologie et les enjeux du poste proposé, à tel point qu'elle ne pensait pas, en tant que «débutante» pouvoir y prétendre. En effet, il ne s'agit pas seulement de prendre la suite de Denis Leypold, mais d'imaginer avec l'ensemble des acteurs concernés ce que sera le futur musée de minéralogie qui doit ouvrir ses portes dans quatre ans grâce aux financements de l'opération Campus de l'université. Ce n'est pas un déménagement, puisque le musée sera maintenu dans les locaux de l'ancien Institut de géologie, rue Blessig, mais d'un réaménagement complet

avec extension afin d'améliorer la visibilité de son potentiel culturel et patrimonial, tout en permettant une ouverture plus large au public. Ce projet englobe des missions de conservation et valorisation du patrimoine et des activités de médiation. Il présente aussi une dimension historique et philosophique de par l'histoire de la constitution de ces collections dans le contexte très spécifique de l'Alsace.

A peine arrivée, Barbara a conduit une visite du musée de minéralogie pour le directeur de l'Hunterian museum de Glasgow (Ecosse), a planché sur le dossier de programmation du futur musée, réfléchissant, entre autres, à l'agencement spatial global, à la préservation du mobilier wilhelmien et aux inventaires, notamment celui des instruments scientifiques. L'un de ses objectifs prioritaires est de définir et comprendre la collection de minéralogie dans toutes ses dimensions en répondant, par exemple, à des questions comme :

- A quel type de collections avons-nous affaire ?
- Doivent-elles encore s'enrichir des échantillons utilisés par la recherche actuelle ou non ?
- Cette compréhension fine lui permettra d'accompagner la politique de préservation et valorisation des collections de l'EOST engagée depuis plusieurs années en partenariat étroit avec le Jardin des sciences.

Nous lui souhaitons bon courage et bonne chance.

Véronique Bertrand

RETOUR SUR L'ALSASCIENCE « GÉOTHERMIE PROFONDE ET RESSOURCES GÉOLOGIQUES DU TERRITOIRE » À SOULTZ-SOUS-FÔRETS DU 14 AU 20 NOVEMBRE 2016

Concepts créés en 2004 par le Jardin des sciences de l'Université de Strasbourg, les Alsasciences ont la vocation de diffuser la culture scientifique et technique dans des localités de tailles moyennes à petites par la mise en place d'événements à destination du grand public et des scolaires. L'enjeu est de fédérer les énergies de structures locales en valorisant une coordination et une collaboration des acteurs locaux et régionaux au service d'une valorisation et d'une vulgarisation des sciences. Ces manifestations sont soutenues par la Région Grand Est et l'Université de Strasbourg.

L'Alsascience « Géothermie profonde et ressources géologiques du territoire » est née de la volonté de l'École et Observatoire des Sciences de la Terre de valoriser et de communiquer davantage sur la géothermie profonde sur le territoire et vers le grand public, avec le soutien du Labex G-Eau-Thermie profonde que l'EOST coordonne. Ainsi, une réflexion a été initiée autour de la création d'une Alsascience dédiée à la géothermie et aux ressources géologiques des sols et sous-sols. Naturellement, Soultz-sous-Forêts, commune mondialement reconnue pour son site d'exploitation de géothermie a alors été contactée pour accueillir le projet du 14 au 20 novembre 2016.

Le projet s'est ainsi développé en partenariat avec le Jardin des sciences, en impliquant plusieurs acteurs clés du territoire local :

- La commune de Soultz-sous-Forêts qui a mis à disposition de l'Alsascience la salle de la Saline pour la tenue de la soirée inaugurale, des conférences ainsi que pour l'exposition du Musée du pétrole et les ateliers Ge-P-To ;
- Le Labex G-Eau-Thermie profonde, qui a mis à disposition du projet plusieurs chercheurs qui sont intervenus pour des activités et expériences auprès des scolaires (démonstration d'un profil électrique « Schlumberger » à Soultz-sous-Forêts) ainsi que pour la tenue de trois conférences à la salle communale de la Saline et à la médiathèque d'Haguenau, destinées au grand public : « Historique de la géothermie sur le territoire de Soultz-sous-Forêts », « La surveillance sismique », « La géothermie : enjeux et perspectives » ;
- L'association Ge-P-To, pour l'organisation de

trois ateliers grand public & scolaires « À la découverte des mystères de la Terre » ;

- Le Musée du pétrole de Merwiller-Pechelbronn qui a organisé l'Exposition et la visite guidée « Industrie et ruralité, évolution du paysage de l'Outre-Forêt à travers un siècle de prises de vue », les sorties « les ressources géologiques du Nord de l'Alsace » et « A la découverte des ressources géologiques du Nord de l'Alsace » pour les scolaires, ainsi que la sortie « A la découverte des résurgences de pétrole » pour le grand public ;
- Le GEIE EMC de Soultz-sous-Forêts pour la visite aux scolaires de la centrale de géothermie profonde.

Les enjeux du projet étaient multiples : communiquer clairement et de manière accessible sur la géothermie et les ressources géologiques, apporter des définitions aux grandes notions de la thématique, un contexte historique et territorial, définir les enjeux, les perspectives mais également souligner les risques et les limites, favoriser et multiplier les temps d'échange et de questions entre le public et les chercheurs, toucher le plus grand nombre de personnes, tout âge et sexe confondu, fédérer les acteurs, structures et établissements scolaires locaux, valoriser le patrimoine de Soultz-sous-Forêts et ses alentours ainsi que proposer des approches participatives par l'implication du public dans les animations. Les projets « Alsasciences » ont à cœur d'impliquer au maximum les différents publics du territoire. Ainsi, les écoles, collèges et lycées de Soultz-sous-Forêts et des alentours ont été invités à participer aux animations proposées. Ont été présents aux activités, 4 classes de l'école primaire de Soultz-sous-Forêts, 5 classes du collège de l'Outre-Forêts, 2 classes du lycée Heinrich Nessel de Haguenau.

L'Alsascience est aussi l'occasion pour le grand public d'assister à de nombreuses manifestations. Ainsi 3 conférences, une exposition, 3 ateliers, un cocktail inaugural et une sortie de terrain ont été proposés au public de la commune et des environs. L'ensemble des activités destinées au grand public a attiré près de 300 visiteurs, dont 230 pour les trois conférences. Les sorties scolaires ont été un franc succès puisque 11 classes, de l'élémen-



Réalisation d'un sondage électrique dit « Schlumberger » près de la salle de la Saline à Soultz-sous-Forêts avec des classes de terminale S du lycée Heinrich de Haguenau - Crédits : Musée du Pétrole, Pascale Roll-Schneider.

taire au lycée, ont été impliquées, soit 144 élèves d'élémentaire, 150 élèves de 3ème, 45 élèves de Terminale S, et plus d'une vingtaine d'accompagnateurs. Au total, l'Alsascience « Géothermie profonde et ressources géologiques du territoire » a touché directement 660 personnes.

L'événement a été médiatisé en particulier par les DNA qui ont proposés quatre articles au cours de la semaine dans l'édition locale de Wissembourg.

Le bilan général du projet est très positif, les enjeux et objectifs visés ont été atteints même si quelques améliorations seraient à apporter si un tel événement était à reproduire. Le public présent a été satisfait des contenus présentés lors des conférences. Le projet a donné l'occasion aux visiteurs d'échanger avec des spécialistes de la géothermie et de mieux appréhender les ressources géologiques des sols et sous-sols environnants. La participation des scolaires a été particulièrement bonne avec une présence équilibrée des différents niveaux de classes. Tous ont souligné l'intérêt des contenus, la pertinence des activités et sorties de terrain ainsi que le professionnalisme des intervenants. Les professeurs ont souligné l'importance de ce genre de manifestations et encouragent leur reconduction. Au final, un grand merci à tous les participants, en particulier de l'EOST, pour ce beau succès qui mériterait d'être reproduit !

Jean Schmittbuhl (inspiré du rapport établi par Vanessa Flament, Jardin des Sciences)

LIENS :

- JARDIN DES SCIENCES jardin-sciences.unistra.fr
- LABEX G-EAU-THERMIE PROFONDE labex-geothermie.unistra.fr
- ASSOCIATION GÉ-P-TO ge-p-to.unistra.fr
- GEIE SOULTZ www.geothermie-soultz.fr/campagne
- MUSÉE DU PÉTROLE www.musee-du-petrole.com

ANIMATION DURANT LA JOURNÉE INTERNATIONALE DES FORÊTS LE 21 MARS

Dans le cadre de la Journée Internationale des forêts le 21 mars 2017, l'Observatoire Hydro-géochimique de l'Environnement proposera une animation grand public sur le thème de la préservation des forêts vosgiennes, à Aubure dans le Haut-Rhin. Aubure est la commune qui accueille le site d'étude de l'OHGE depuis 1986.

SITE WEB DE L'ÉVÈNEMENT

www.journee-internationale-des-forets.fr



21 mars

Journée internationale des forêts

Dans la nuit du 8 au 9 février 1967, le bâtiment de l'Institut de Géologie de Strasbourg a subi un incendie très violent qui a pris dans les greniers où étaient entreposés des échantillons paléontologiques précieux, emballés dans du papier et stockés dans des caisses en bois.



Photo de Une de l'article relatant l'incendie dans les DNA du 10 février 1967

Au moment où l'incendie éclatait, le Professeur Georges Millot, alors Directeur de l'Institut de Géologie, atterrissait à Entzheim, et le pilote signalait aux passagers un important incendie dans Strasbourg. Au pied de la passerelle, on l'attendait pour lui apprendre que son Institut brûlait, ce qu'il avait cru voir depuis son hublot.

La zone la plus atteinte par l'incendie se situait au deuxième étage, au niveau de la bibliothèque. De nombreux ouvrages

Incendie de l'Institut de Géologie de Strasbourg (8 février 1967 vers 22h)

IL YA 50 ANS, L'INCENDIE DE L'INSTITUT DE GÉOLOGIE

ont pu être sauvés par une chaîne humaine improvisée vers la rue, tant que les pompiers pouvaient encore assurer la sécurité. Les anciens de la maison se souviennent d'avoir passé beaucoup de temps, après l'incendie, pour sécher les



La charpente effondrée de la bibliothèque n°2

livres, page à page, avec des sèche-cheveux. On peut encore voir les traces de ce dégât des eaux dans de nombreux livres anciens de la bibliothèque.

C'est à la suite de l'incendie que le bâtiment a été doté d'un troisième étage dont le style jure avec le style historique, et qu'on envisage aujourd'hui de supprimer dans le futur.

Bertrand Fritz



Quelques images du chantier / Crédits : J.P. Malet

LE LAS 2.0: LE LABORATOIRE D'ANALYSES DES SOLS DE L'EOST FAIT PEAU NEUVE

Mise en sécurité, nouveaux espaces de travail et de stockage, nouveaux instruments de mesure... Depuis l'été 2016, le Laboratoire d'Analyse des Sols (LAS) de l'EOST est en travaux dans le cadre du chantier de réhabilitation et d'isolation du bâtiment de la Faculté de Géographie, rue de l'Argonne à Strasbourg.

Le service et les analyses sont interrompus depuis 6 mois mais l'attente était nécessaire. Le Laboratoire disposera en effet de trois nouvelles hottes sécurisées, d'armoires ventilées, d'un nouveau système d'arrivée et d'extraction d'air, de bras d'aspiration pour l'extraction de poussières, de nouvelles paillasses plus fonctionnelles, et d'une nouvelle pièce créée pour accueillir un plan incliné et des appareils de mesures géotechniques. Les travaux concernent aussi la mise aux normes des réseaux électrique et informatique, la création de paillasses dédiées aux personnes à mobilité réduite, l'installation de faux-plafonds, et le changement de toutes les menuiseries et de certains revêtements. Les besoins des usagers ont été pris en compte par la Direction du patrimoine immobilier de l'Université de Strasbourg, qui a assuré le suivi du chantier, et les responsables de la Faculté de Géographie dans un esprit de concertation toujours fructueux.

Le chantier complet devrait aboutir en mars 2017. Il sera alors temps de nettoyer, de ré-évaluer l'ensemble des instruments et d'organiser le nouveau fonctionnement opérationnel du service. Le LAS pourra ré-ouvrir ses portes en mai 2017 pour accueillir étudiants et stagiaires.

Jean-Philippe Malet
Martine Trautmann