



RÉSEAU ACCÉLÉROMÉTRIQUE PERMANENT FRENCH ACCELEROMETRIC NETWORK



Compte rendu de la Biennale du RAP 26-27-28 novembre 2014

Fréjus

Philippe Guéguen
Directeur du GIS-RAP

Avec les contributions des membres du bureau:
F. Courboux, M. Lancieri, A. Roullé, J.-M. Douchain, M. Granet et M. Nicolas

Décembre 2014



RÉSEAU ACCÉLÉROMÉTRIQUE PERMANENT FRENCH ACCELEROMETRIC NETWORK



INTRODUCTION

Les journées techniques et scientifiques du RAP (La biennale du RAP) sont organisées tous les deux ans afin de créer une dynamique entre les partenaires du GIS-RAP.

Ces journées sont l'occasion de présenter des résultats scientifiques récents. Les évolutions techniques du réseau sont discutées afin de répondre aux besoins des utilisateurs des données.

Ces journées abordent différents thèmes portant sur l'aléa et la vulnérabilité sismiques en France et les objectifs du RAP pour les années à venir y sont discutés, ainsi que la place et le rôle qu'il doit jouer en France et en Europe.

PROGRAMME

Programme du 26 novembre 2014

14:00 Introduction - P. Guéguen

14:30 Qu'avons nous appris des séismes récents (en France et ailleurs) ? -

15:30 Développement des réseaux régionaux accélérométriques au sein de RESIF

18:30 Atelier: comment récupérer des données via le portail RESIF?

Programme du 27 novembre 2014

08:30 De la source des tremblements de terre aux dommages: combler le trou entre la sismologie et le génie parasismique

11:00 *Data products*: quels produits dérivés issus des données du RAP ?

14:30 Place aux jeunes: présentation des thèses en cours

17:00 Variations temporelles et non-linéarité de la réponse des sols et des structures

14:30 Session technique

18:00 Perspective/Prospective

Programme du 28 novembre 2014

08:30 Effets de site: de la caractérisation des conditions de site des stations à la prédiction du mouvement du sol

11:00 Bilan - Discussion

12:00 Fin des journées



RÉSEAU ACCÉLÉROMÉTRIQUE PERMANENT FRENCH ACCELEROMETRIC NETWORK



SESSION QU'AVONS NOUS APPRIS DES SÉISMES RÉCENTS ? - M. NICOLAS CEA

La session "Qu'avons-nous appris des séismes récents ?" a fait l'objet de deux présentations concernant le séisme de l'Ubaye du 7 avril 2014 (F. Courboulex et C. Cornou) et d'un rapide bilan de la sismicité des deux dernières années en France métropolitaine et aux Antilles (B. Hernandez et J-M. Saurel).

Dans la zone de l'Ubaye, dont la microsismicité est considérable depuis de nombreuses années, la survenance à deux ans d'intervalle de deux séismes significatifs (2012, Mw 4.1 et 2014, Mw 4.9) est riche d'enseignements. Ces deux événements, pourtant localisés à quelques centaines de mètres de distance avec un mécanisme au foyer très proche, n'ont pas produit les mêmes effets relatifs à distance (Côte d'azur et Isère), tels que mesurés sur les stations du RAP. Seule la directivité du séisme de 2012 peut expliquer ce phénomène qui n'est pas sans poser problème pour la prédiction du mouvement sismique dans le cadre des études d'aléa. L'intervention post sismique qui s'est déroulée du 10 avril au 11 juin 2014 a permis d'enregistrer localement plus de 3000 répliques dont 1600 ont pu être localisées automatiquement. Un catalogue précis et complet sera construit en 2015 permettant notamment l'étude des effets de site locaux.

Les séismes significatifs récents localisés en France métropolitaine ont fait l'objet d'estimations de profondeur par l'analyse de la phase pP dans des stations lointaines. Certains résultats (Vannes, 2013 et Golfe algéro-provençal, 2012) remettent en question quelques idées reçues en usage dans les modèles de sismicité utilisés en aléa. Une meilleure précision des modèles de vitesse à la source permettra d'obtenir des résultats encore plus réalistes, notamment en domaine océanique.

La question des profondeurs focales des séismes antillais superficiels est aussi un problème compte-tenu de la géométrie des réseaux d'observations imposée par la géographie. Les séismes de 2014 ont par ailleurs montrés l'utilité des alertes du BCSF permettant de recueillir des témoignages de la population utiles pour l'estimation des effets des séismes, en compléments des données du RAP.

SESSION DÉVELOPPEMENT DES RÉSEAUX RÉGIONAUX ACCÉLÉROMÉTRIQUES AU SEIN DE RESIF - J.-M. DOUCHAIN OPGC

Cette session nous a permis de faire un état des lieux des développements actuels dans 12 réseaux régionaux. L'évolution vers l'acquisition en continu ainsi que le traitement des flux temps réels occupent toujours une grande part des améliorations. La supervision sur le modèle Nagios commence à s'homogénéiser au niveau national. Les réseaux de l'OCA, Isterre, EOST, OMP l'utilise quotidiennement. D'autres vont suivre le mouvement suite aux présentations (BRGM, OPGC).

Des études pour évaluer d'autres systèmes de communication comme le Wifi ou les modems 3G sont expérimentées dans différents observatoires. Tous les opérateurs sont soucieux de trouver des solutions pour réduire les coûts de fonctionnement et surtout ceux liés aux communications téléphoniques (ADSL). Cette diminution peut s'effectuer par le biais de colocalisation d'accéléromètres avec des capteurs large-bande via RESIF. Les efforts de jeunesse du matériel scientifique (15 stations cette année) ont été soulignés et la communauté espère que ce projet perdurera.

Chaque réseau reste très impliqué dans l'amélioration de la qualité des données, et dans l'évolution technique (supervision, communications...). Ces Journées Techniques et Scientifiques ont permis de renforcer les synergies entre les partenaires.



RÉSEAU ACCÉLÉROMÉTRIQUE PERMANENT FRENCH ACCELEROMETRIC NETWORK



SESSION DE LA SOURCE DES TREMBLEMENTS DE TERRE AUX DOMMAGES: COMBLER LE TROU ENTRE LA SISMOLOGIE ET LE GÉNIE PARASISMIQUE - M. LANCIERI IRSN

Le passage entre l'estimation de l'aléa sismique et celle de la vulnérabilité des structures est une étape fondamentale dans les processus d'évaluation et de réduction du risque sismique. Pour cela il est nécessaire que les communautés des sismologues et des ingénieurs du génie parasismique se rencontrent en définissant des besoins communs et des axes de recherche partagés.

Le but de cette session a été celui de présenter les différents points de vue sur l'aléa et la vulnérabilité. Les présentations ont été organisées en partant d'une vision purement sismologique de la radiation sismique et de l'influence du processus de rupture sur les mouvements observés (M. Causse). En suite le thème de l'estimation probabiliste de l'aléa sismique a été abordé, en se focalisant sur la vérification des modèles d'aléa sur la base des observations (A. Helmstetter).

La présentation suivant, sur la caractérisation dynamique des ouvrage d'art, a mis en évidence comment le savoir-faire en matière d'acquisition et analyse du signal, propre à la communauté sismologique, est mise à disposition de la caractérisation du comportement d'une structure (D. Mercerat).

Au cours des deux dernières présentations les points de contact entre l'aléa et la vulnérabilité ont été présentés. Les discussions ont été notamment ciblées sur les indicateurs dits de nocivité (indicateurs descriptifs du mouvement du sol qui peuvent être corrélés au comportement d'une structure) (P. Gueguen) et les techniques de génération d'accélérogrammes synthétiques compatibles avec les mouvements issus du calcul d'aléa et les besoin du calcul de structure (M. Lancieri).

SESSION DATA PRODUCTS - M. GRANET EOST

La session dédiée aux "Data Products" a donné lieu à quatre présentations, qui ont essentiellement montré un « état des lieux » sur la réalisation de "shake maps" (cartes représentant le mouvement du sol après un séisme et les intensités macrosismiques associées) quasi temps réel ainsi que sur la mise en œuvre d'une « sismologie temps réel » (outils et procédures) dans différents observatoires (Observatoire Volcanique et Sismologique de la Martinique - OVSM, Observatoire de la Côte d'Azur - OCA, Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble - OSUG) et organismes (Bureau de Recherches Géologiques et Minières - BRGM).

Appuyé sur un calcul temps réel du PGA (*Peak Ground Acceleration*) pour un ensemble de stations accélérométriques et vélocimétriques, l'objectif est d'élaborer rapidement des cartes du mouvement du sol, d'intensités voire de dommages afin d'apporter une information précieuse à des publics diversifiés sur les conséquences potentielles, notamment en termes de dégâts, d'un séisme important (protection civile, scientifiques, grand public, médias, ...).

L'essentiel des développements réalisés s'appuient sur le logiciel Seiscomp3 (SC3) et des fonctions associées (module scwfparam), ainsi que sur le logiciel Shakemap de l'USGS. Si le calcul de "shake maps" est globalement opérationnel, il subsiste néanmoins des interrogations sur la transcription d'une valeur d'accélération en intensités ou dommages.

En ce qui concerne les intensités potentielles, cette transcription s'appuie principalement sur des lois d'atténuation, affectées de fortes incertitudes compte tenu de la variabilité spatiale des PGA. Une estimation des dommages, notamment en milieu urbain, impose une cartographie préalable des vulnérabilités.



RÉSEAU ACCÉLÉROMÉTRIQUE PERMANENT FRENCH ACCELEROMETRIC NETWORK



Les travaux futurs porteront notamment sur le développement d'outils (associés à des données *ad hoc*) permettant de mieux assurer la corrélation entre les PGA mesurés et les dommages attendus. Une piste évoquée est d'évoluer vers des systèmes d'information géographiques (SIG) qui, au-delà des simples cartes d'intensités, permettraient d'intégrer différents niveaux d'information propres au séisme (magnitude et mécanisme à la source, valeurs d'accélération, effets de site, vulnérabilité, dégâts, ...).

SESSION PLACE AUX JEUNES: PRÉSENTATION DES THÈSES EN COURS - F. COURBOULEX GEOAZUR

La session « Place aux jeunes » a rassemblé les présentations de 8 étudiants (de la 1^{ère} à la 4^{ème} année de thèse) venant de laboratoires de recherche de Toulouse, Nice, Paris, Cadarache et de Belgique. Des thématiques diverses touchant à l'aléa sismique ont été abordées et plus particulièrement les effets de site, l'atténuation, la simulation de mouvements forts, la propagation des ondes en milieu non linéaire, le comportement des bâtiments. Parmi les résultats les plus marquants, obtenus grâce aux données des réseaux permanents français, notons le travail de Jessy Mayor sous la direction de Marie Calvet à Toulouse qui propose une cartographie de l'atténuation au niveau du sud de la France en utilisant les données RAP. Ce résultat montre clairement les différences entre les Alpes et les Pyrénées (qui atténuent beaucoup moins les ondes sismiques). Ce travail a été également étendu à une partie de l'Europe occidentale en utilisant toutes les données disponibles (publication en cours).

SESSION VARIATIONS TEMPORELLES ET NON-LINÉARITÉ DE LA RÉPONSE DES SOLS ET DES STRUCTURES - P. GUÉGUEN ISTERRE

La session a commencé par l'analyse statistique des effets nonlinéaires sur la réponse des sites des stations japonaises KiK-Net, présentée par J. Régnier et menée dans le cadre d'un projet national. Une fonction entre les réponses nonlinéaire et linéaire permet de définir l'amplification ou la déamplification du signal sismique en un site donné et en fonction de la fréquence. Sur des données de forages californiens, J. Chandra a calculé la variation de la vitesse des ondes S en fonction de l'amplitude de la sollicitation et il propose un proxy de la déformation, associé à un modèle nonlinéaire hyperbolique. Il en déduit une caractérisation in-situ des sites, sur l'observation des données seules. Ces présentations montrent la nécessité de trouver des proxy caractérisant, voir même prédisant, le comportement nonlinéaire des sols. Une approche numérique est ensuite proposée par S. Montoya analysant à la fois l'effet des pressions de pore et le couplage nonlinéaire avec les structures. Cette analyse montre que la variation de la pression avec la déformation a un effet très important sur la réponse du site. Ces effets sont non-négligeables et perturbent de façon significative la réponse des structures. Enfin, P. Guéguen analyse la réponse de plusieurs structures instrumentées de façon permanente (en France et aux USA) et révèle des comportements nonlinéaires significatifs. Ils se caractérisent par des variations des propriétés élastiques pour des niveaux de déformations très faibles. Toutes ces présentations montrent l'importance de la nonlinéarité dans la prévision de la réponse sismique des sols et des structures, autour d'une communauté RAP existante. D'autre part, elles vont se poursuivre en s'appuyant sur les données du RAP, comme celles du forage de Belleplaine et des bâtiments instrumentés.

SESSION TECHNIQUE - J.-M. DOUCHAIN OPGC

Cette session regroupait 16 participants représentant les observatoires, partenaires responsables de la maintenance des stations. Dans un premier temps, chaque participant a pris la parole pour exposer son travail au sein du RAP, ainsi que les problèmes techniques rencontrés. Ils étaient variés et portaient sur la synchronisation du temps, les récepteurs DCF/GPS, les pannes sur les



RÉSEAU ACCÉLÉROMÉTRIQUE PERMANENT FRENCH ACCELEROMETRIC NETWORK



cartes Flash et SD, la mise à jour des numériseurs, le développement de la supervision. Différentes solutions ont pu être apportées. Ces discussions, basées sur le partage d'expérience ont été très appréciées.

Quinze numériseurs Centaurs ont été financées, via RESIF, dans le cadre du projet de jouvence instrumentale. Le site central a profité de ces journées pour commencer la distribution de ces stations aux opérateurs régionaux. M. Langlais (ISTerre) a présenté la configuration des stations Centaur. Cette formation initiale a permis d'acquérir une bonne connaissance du matériel Nanometrics avant son déploiement in-situ. Puis, J Chèze (OCA), nous a présenté le numériseur D6-BB DIN de la société Staneo. Il a abordé dans le détail la configuration de la station (full SNMP), et ses caractéristiques (32 bits, miniseed natif, robustesse de la gestion de la mémoire (pas de système de fichiers)). Pour finir, H. Jund (EOST), nous a présenté ses tests comparatifs sur les numériseurs Taurus et D6-BB DIN. Cette session technique s'est achevée sur une présentation (JM Douchain et M. Langlais) d'un exemple de récupération de données via les services RESIF (webservice et arclink), et de déconvolution des réponses instrumentales selon plusieurs méthodes (rdseed, evalresp, sac, python/obspy). Les scripts exemples ont été transmis à la liste de diffusion RAP-TECH.

La session technique n'avait pas eu lieu lors des précédentes journées techniques de 2012. La bonne participation des ingénieurs, techniciens, et certains responsables scientifiques, ainsi que leur implication pour animer la session, nous constatons qu'une dynamique s'est recrée. Cette session technique devra donc être reconduite dans la future Biennale du RAP. Des thèmes concernant la construction et le contrôle des réponses instrumentales n'ont pu être traités. Ils devront probablement être abordés lors des prochaines journées.

SESSION EFFETS DE SITE: DE LA CARACTÉRISATION DES CONDITIONS DE SITE DES STATIONS À LA PRÉDICTION DU MOUVEMENT DU SOL - A. ROULLÉ BRGM

La session « effets de site » s'est déroulée en deux parties. La première partie présentait l'avancement des travaux du Groupe de Travail du RAP sur la caractérisation des sites des stations RAP alors que la seconde partie présentait des travaux de recherche en cours sur les effets de site.

La caractérisation des sites des stations RAP a bien avancé depuis la dernière biennale avec 33 stations caractérisées par méthodes non-invasives, essentiellement dans les Pyrénées et dans les Alpes. Cette caractérisation s'est faite dans le cadre des projets CASHIMA et SIGMA et a bénéficié des réflexions méthodologiques sur la comparaison entre méthodes invasives et non invasives réalisées dans le cadre du benchmark InterPacific. Le Groupe de Travail a également proposé un canevas d'informations sur les caractérisations de site à diffuser aux utilisateurs des données, aussi bien en termes de contenu que de format et de processus de validation avant diffusion. Cette première partie de la session s'est terminée avec l'exemple abouti de caractérisations de site systématiques des stations accélérométriques du SSMNet (Swiss National Strong Motion Network) présenté par l'ETH.

Pour la seconde partie de la session, plusieurs thèmes ont été abordés : la variabilité spatiale du mouvement sismique à courte distance sur le site d'Argostoli en Grèce avec estimation de cette variabilité via l'étude des champs d'onde et le calcul de cohérence ; la prédiction de l'amplification topographique et sa variabilité associée via le proxy FSC (Frequency-Scaled Curvature) ; l'évaluation des fonctions de transfert des stations KiK-net au rocher en vue de corriger des effets de site afin d'aboutir à une prédiction des mouvements de référence. Pour chacun de ces travaux, on retrouve la nécessité d'avoir une connaissance de la structure sous-jacente aux stations sismologiques d'où l'importance de la caractérisation des sites des stations RAP décrite en première partie de session.



RÉSEAU ACCÉLÉROMÉTRIQUE PERMANENT FRENCH ACCELEROMETRIC NETWORK



BILAN - DISCUSSION - P. GUÉGUEN ISTERRE

Au cours de la biennale, le bureau du GIS s'est réuni afin d'aborder certains points à présenter et discuter au moment du bilan. Ces points servent également à préparer l'AG avec les tutelles prévue le 22 janvier 2015 au ministère en charge de l'environnement.

Trois points ont été mentionnés, recevant l'approbation de l'assemblée présente.

Point 1. La gouvernance du RAP.

Constitué en GIS, la gouvernance du RAP s'essoufle et arrive à bout de souffle: elle doit être renouvelée, en particulier depuis son intégration dans RESIF, mais aussi parce que d'autres partenaires contribuant à la définition de l'aléa et de la vulnérabilité en France pourraient intégrer cette structure (e.g., EDF, CEREMA, BCSF, AFPS...).

Plusieurs propositions ont d'ores et déjà été avancées comme dissoudre le GIS et se servir de celui de RESIF, constituer un comité de pilotage du RAP élargi, avec des membres invités non partenaires de RESIF, un think tank etc... Nous ne souhaitons pas décider trop vite, et surtout récolter l'avis des tutelles et des partenaires.

Nous proposons ainsi de constituer un groupe de transition, qui devra travailler en 2015 et fournir une proposition aux ministères et aux tutelles du RAP fin 2015. Ce groupe sera constitué de membres, de représentants des tutelles et élargi aux nouveaux partenaires.

Point 2 - Projet 2015.

Il est apparu pendant ces journées que l'organisation en groupe de travail est un dispositif de travail efficace. Les groupes constitués et encore actifs (technique et conditions de site) aboutissent à des réalisations concrètes. Les participants regrettent également que les Appels d'Offre du RAP n'existent plus, alors que ce dispositif permettait de réaliser des actions concrètes sur les données. Il servait également d'amorçage à l'élaboration de projets plus conséquents vers d'autres dispositifs d'appels à projet (ANR, Interreg etc...). Ces dispositifs seront d'autant plus importants que les crédits de fonctionnement du RAP sont en baisse. Par ailleurs, l'équipement est pour ces prochaines années financé par RESIF, tandis que depuis son origine la subvention du ministère était consacré à l'équipement du réseau.

Nous souhaitons ainsi proposer pour l'année prochaine une demande de financement de 80 000 euros présentée lors de l'AG du GIS-RAP et portant sur :

le fonctionnement du groupe de transition	10 000
l'organisation d'un appel d'offre spécial Antilles	35 000
l'organisation d'un appel d'offre blanc	30 000
la gestion et la communication du RAP	2 000
le financement de petit matériel	3 000

Point 3 - La Biennale 2016

A la suite de ces journées, il est apparu nécessaire d'encourager les travaux et collaborations avec les observatoires des Antilles. Cette collaboration doit être menée en partenariat avec les collectivités locales, avec lesquelles le RAP a déjà travaillé sur des opérations spéciales (instrumentation de bâtiment, analyse sismique, ...).



RÉSEAU ACCÉLÉROMÉTRIQUE PERMANENT FRENCH ACCELEROMETRIC NETWORK



Nous proposons que la prochaine Biennale du RAP soit organisée aux Antilles, adossée à des présentations publiques organisées sous l'égide des observatoires et des collectivités. Ce projet doit être construit en 2015 afin de récolter les fonds nécessaires à son organisation, en particulier pour permettre aux partenaires de Métropole de s'y rendre.

Nota: à la fin de 2015 si le budget n'est pas trouvé, une solution en Métropole sera alors proposée.

Bilan de la biennale. Les commentaires des participants indiquent une satisfaction générale de cette biennale, à recommencer dans deux ans. En particulier les ingénieurs et techniciens en charge de la gestion des stations mentionnent une entente et une collégialité très fortes entre les réseaux et ces journées permettent de faire évoluer positivement et efficacement les réseaux.