



## **Résif - Construction Large Bande**

Jerôme Vergne, Olivier Charade

### **► To cite this version:**

| Jerôme Vergne, Olivier Charade. Résif - Construction Large Bande. 2013. <hal-04196174>

**HAL Id: hal-04196174**

**<https://hal.science/hal-04196174v1>**

Submitted on 7 Sep 2023

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

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



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

### RESIF-CONSTRUCTION LARGE-BANDE

Par Jérôme Vergne et Olivier Charade

#### Motivations

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

Ce type de capteur est rapidement devenu la norme pour la majorité des réseaux vélocimétriques nationaux. Plusieurs pays européens (Suisse, Italie, Allemagne, ...) ont depuis longtemps fait le choix de cette technologie et ont, en parallèle, fortement densifiés leur réseau. L'émergence du numérique a permis de partager plus facilement les données de ces stations, aboutissant à la création d'un réseau virtuel large-bande d'échelle européenne (VEBSN)<sup>1</sup>. En France métropolitaine, l'installation de stations large-bande permanentes est longtemps restée marginale. Ce retard a engendré une lacune dans le VEBSN, empêchant d'utiliser ce réseau européen de manière optimale. Suite à ce constat, l'INSU a créé en 2007 un service d'observation dédié au développement d'un réseau sismologique large-bande permanent en métropole, dénommé RLBP<sup>2</sup>. Grâce à l'implication des équipes de huit OSU et du CEA-LDG, 42 stations de ce type sont aujourd'hui opérationnelles (contre 15 en 2007). Elles sont cependant encore très inégalement réparties (Figure 1) et relativement hétérogènes en terme d'instrumentation et de qualité du signal.

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

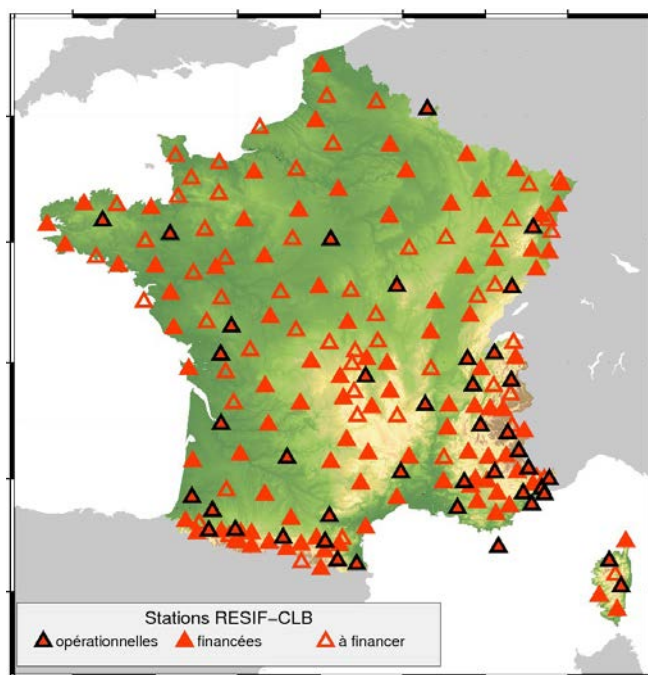


Figure 1 : localisation des stations large-bande permanentes actuelles et prévues dans le cadre du projet RESIF-CLB. Les triangles pleins indiquent les stations pour lesquelles le financement a déjà été obtenu.

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

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

large-bande permanent permettra d'imager les structures crustales et lithosphériques de manière complète et détaillée (Figure 2). Couplées aux autres approches géologiques et géophysiques, ces images permettront de mieux comprendre l'origine, la dynamique et les interactions des différentes provinces tectoniques particulièrement variées qui ont façonnées notre territoire (orogène varisque, rifting cénozoïque du Fossé Rhénan et de la Bresse, volcanisme du Massif Central, collision continentale dans les Alpes et les Pyrénées, ...). Pour préciser ces images à des échelles plus régionales, ce réseau permanent fournira la référence nécessaire lors du déploiement de réseaux temporaires plus denses<sup>3</sup>.

La France métropolitaine est également caractérisée par une sismicité très variée et finalement encore mal comprise. Les stations du RLBP remplaceront et/ou densifieront les stations courte-période du RéNaSS<sup>4</sup>, pour la plupart en fin de vie. Ainsi, nous disposerons d'une vision beaucoup plus complète et homogène de la sismicité métropolitaine. En abaissant la magnitude de complétude à moins de 2 sur l'ensemble du territoire et en améliorant significativement les localisations, il sera possible de bien mieux caractériser les failles actives et d'améliorer ainsi notre estimation de l'aléa sismique. En outre, l'utilisation de capteurs large-bande permettra d'étudier le mécanisme de tout séisme potentiellement ressenti, information indispensable à la mise en œuvre de shakemaps. D'autre part, l'accessibilité en temps réel des données du RLBP autorisera leur intégration dans les systèmes d'alerte aux séismes ou aux tsunamis

en Europe.

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

## Mise en œuvre

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

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

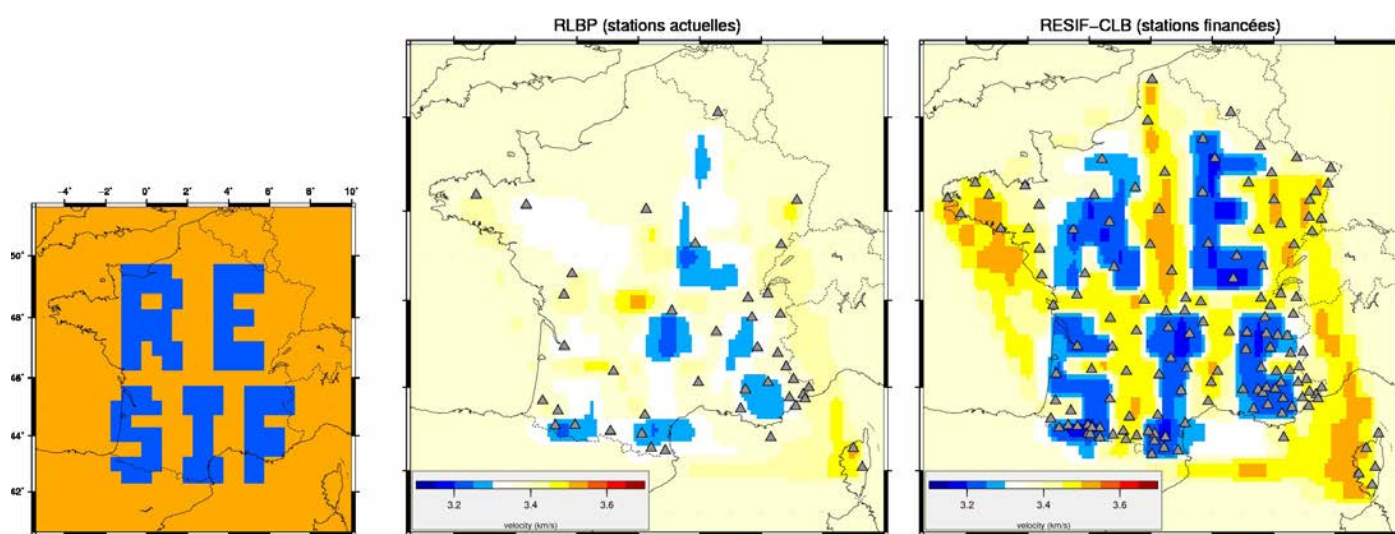


Figure 2 : test de résolution d'une tomographie basée sur la corrélation de bruit sismique à environ 70km de profondeur : motif recherché (gauche) ; résultat à partir de la géométrie actuelle du RLBP (milieu) ; résultat à partir de la géométrie envisagée dans le cadre de RESIF-CLB, en ne tenant compte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

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

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

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

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

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



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

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

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

Contacts :

Jérôme Vergne, [jerome.vergne@eost.u-strasbg.fr](mailto:jerome.vergne@eost.u-strasbg.fr)  
Olivier Charade, [charade@dt.insu.cnrs.fr](mailto:charade@dt.insu.cnrs.fr)