

> **Cette surveillance peut-elle être permanente, étant donné le coût élevé des campagnes océanographiques ?**

Arnaud Lemarchand : Le Revosima surveille déjà au jour le jour l'activité sismo-volcanique à l'aide des réseaux de capteurs à Mayotte et sur l'île des Glorieuses, et il s'appuie aussi sur le réseau des stations géophysiques régionales installées en Grande Comore, à Madagascar et dans certains pays africains longeant le canal du Mozambique. Toutefois, sans les données de capteurs placés au plus proche de l'activité, cette surveillance reste imprécise, et il faut les affiner avec des données prélevées en mer. L'État a financé des campagnes océanographiques, pour plusieurs millions d'euros chacune. Elles ont notamment servi à récupérer les sismomètres fond de mer. Cette façon de fonctionner signifie aussi que l'on ne peut suivre les évolutions du volcan qu'avec trois ou quatre mois de retard, ce qui empêche de suivre les phénomènes rapides, comme les migrations de magma qui peuvent se produire en quelques semaines, voire quelques jours ou moins encore... Il nous semble donc qu'il faut mettre en place une surveillance plus constante et moins chère...

Le *Marion Dufresne* est le navire amiral des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF). Il est spécialement équipé pour assurer sur de très grandes distances ses missions logistiques et sanitaires, mais aussi océanographiques.

De quelle façon ?

Arnaud Lemarchand : Nous proposons d'installer sur le fond marin un observatoire, relié par câble à Mayotte,

proche des côtes, qui centralisera les informations et les diffusera à l'observatoire du Piton de la Fournaise à La Réunion, le centre opérationnel de Revosima. Le dis-

ON SURVEILLE AU JOUR LE JOUR L'ACTIVITÉ SISMOVOLCANIQUE À L'AIDE DE RÉSEAUX DE CAPTEURS

conçu pour surveiller la zone sismique principale, située à quelque dix kilomètres de Petite-Terre. Il devrait nous permettre de connaître en temps réel l'activité sismique, les sources de déformations du sol et de surveiller les zones les plus susceptibles de glissements de terrain sous-marins, capables de déclencher des tsunamis.

En quoi consistera cet observatoire ?

Arnaud Lemarchand : Il s'agit en fait d'un réseau d'instruments variés visant à surveiller plusieurs grandeurs physiques. Les stations de mesure seront toutes reliées les unes aux autres par un câble qui transmet les données par fibres optiques et qui alimente les capteurs en électricité. Ce câble arrivera dans un local à terre

positif est pensé afin de ne pas perdre tout le système en cas d'avarie sur un tronçon de câble ou une station. L'ensemble du projet repose sur les technologies très bien maîtrisées par les compagnies de télécommunication, qui exploitent les nombreux câbles sous-marins assurant 90% du trafic mondial de l'internet. La conception du système d'observation sous-marin bénéficie aussi de l'expérience acquise par l'observatoire océanographique européen Emso (European Multidisciplinary Seafloor and Water Column Observatory).

Quelles grandeurs physiques surveillera-t-on ?

Arnaud Lemarchand : Les stations abriteront non seulement des sismomètres, pour mesurer les vibrations du

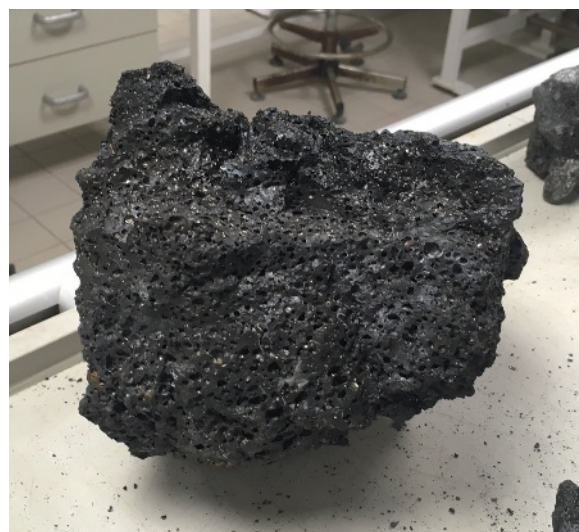


sol et bien détecter et localiser les micro-séismes, mais aussi des capteurs de déformation du terrain, pour détecter par exemple des gonflements du fond marin en réponse à des remontées de magma ou de gaz sous-jacentes; des capteurs électriques et magnétiques pour détecter des changements de la résistance électrique du sous-sol, qui signifieraient la remontée de fluides volcaniques; des capteurs géochimiques, afin de surveiller les sites de dégazage identifiés lors des campagnes *Mayobs* de 2019; enfin, des capteurs conçus pour suivre l'installation d'organismes vivants sur les nouveaux reliefs sous-marins.

Certaines des fibres optiques contenues dans les câbles sous-marins serviront non pas à transmettre à terre les mesures des capteurs électriques, mais permettront d'opérer deux types de dispositifs de mesure très innovants, purement optiques. Un premier type, commercialisé – le « DAS » (*distributed acoustic sensing*) –, consiste à envoyer depuis la terre une impulsion laser à haute cadence dans la fibre, d'en mesurer la diffusion en retour – c'est-à-dire les échos –, et d'analyser les interférences entre échos de segments proches. Ces interférences sont très sensibles aux déformations de la fibre lors du passage des ondes sismiques. Leur analyse en temps réel permet d'obtenir des milliers de points de mesure de déformation tout le long de la fibre, qui peut faire des dizaines de kilomètres de long, ce qui fait du câble une sorte d'antenne sismique de milliers de sismomètres.

Un deuxième type de mesure optique, plus précis, se fait uniquement à l'extrémité de la fibre, le faisceau laser pointant sur la partie déformable d'un capteur et s'y réfléchissant: ce peut être la masse mobile d'un sismomètre, ou la membrane déformable d'un pressiomètre, appareil qui suit les mouvements verticaux du fond marin. L'interférence produite entre la réflexion sur cette cible mobile et la réflexion en bout de fibre produit un signal lumineux qui peut être traduit en mouvement du sol pour le sismomètre – donc en vibration –, ou en pression d'eau pour le pressiomètre – donc en profondeur. Parce qu'ils sont purement optiques, ces systèmes allient grande résolution et grande robustesse: leurs capteurs en mer ne peuvent pas avoir de panne électronique, l'interrogateur et toute la partie électronique étant à terre, à des dizaines de kilomètres des zones de mesure.

Ce *popping rock* est un fragment de lave solidifiée susceptible d'éclater parce qu'il contient des bulles de gaz volcanique restées à la pression du fond (de l'ordre de 300 bars). Il a été remonté de quelque 3 000 mètres de profondeur près de Mayotte.



Où sera installé ce réseau de surveillance ?

Arnaud Lemarchand : Nous prévoyons de l'installer sur la zone de l'essai sismique principal, à une dizaine de kilomètres de Petite-Terre. C'est de là que peuvent venir d'éventuels risques pour les Mahorais, de sorte qu'elle exige plus d'attention que le nouveau volcan, plus lointain.

Ce réseau pourrait-il être détruit par une nouvelle éruption ?

Arnaud Lemarchand : Les stations installées près des panaches acoustiques seront en effet vulnérables. Les campagnes océanographiques nous ont cependant permis d'identifier les canyons et les coulées de lave récentes que le tracé du câble contourne. Seuls deux câbles secondaires équipés de fibres optiques, utilisées comme capteurs afin de mesurer les contraintes réparties le long du câble, traversent les zones en voie de déstabilisation, où pourraient se déclencher des glissements de terrain qui, s'ils se produisent, détruiront évidemment ces câbles secondaires...

Quand ce réseau de surveillance sera-t-il en place ?

Arnaud Lemarchand : Notre projet de système d'observation câblé est soumis au Programme d'investissements d'avenir (PIA). Il a été conçu avec toute la communauté scientifique nationale des géosciences et biologie marines et avec quatre grands instituts collaborant dans le cadre du Revosima. S'il est accepté, il débutera en 2021 pour une mise en place un à deux ans après. ■

BIBLIOGRAPHIE

S. CESCA ET AL., Drainage of a deep magma reservoir near Mayotte inferred from seismicity and deformation, *Nature Geoscience*, vol. 13(1), pp. 87-93, 2020.

A. LEMOINE ET AL., The 2018-2019 seismo-volcanic crisis east of Mayotte, Comoros Islands: Seismicity and ground deformation markers of an exceptional submarine eruption, *Geophysical Journal International*, vol. 223, pp. 22-44, 2020.

F. PAQUET ET AL., The Mayotte seismo-volcanic crisis: Characterizing a reactivated volcanic ridge from the upper slope to the abyssal plain using multibeam bathymetry and backscatter data, AGU Fall Meeting 2019, San Francisco, décembre 2019. <https://bit.ly/3dv9f5J>

PROPOS RECUEILLIS
PAR FRANÇOIS SAVATIER