



Corinth Rift Laboratory (CRL) : observation d'un système de failles en extension

Pascal Bernard, Sophie Lambotte, Hélène Lyon-Caen, Anne Deschamps, P. Briole

► To cite this version:

Pascal Bernard, Sophie Lambotte, Hélène Lyon-Caen, Anne Deschamps, P. Briole. Corinth Rift Laboratory (CRL) : observation d'un système de failles en extension. 2017, pp.2-4. <hal-03709826>

HAL Id: hal-03709826

<https://hal.science/hal-03709826v1>

Submitted on 11 Jul 2022

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.



HAL Authorization

CORINTH RIFT LABORATORY (CRL): OBSERVATION D'UN SYSTÈME DE FAILLES EN EXTENSION

Auteurs : Pascal Bernard, Sophie Lambotte, Hélène Lyon-Caen, Anne Deschamps, Pierre Briole

Le rift de Corinthe, en Grèce, séparant le Péloponnèse (au sud) du continent (au nord), est l'une des structures tectoniques en extension les plus actives dans le monde. Il est asymétrique avec des failles actives marquées affleurant au sud, les plus jeunes étant sous l'eau (fig. 1). Ces failles se connectent en profondeur sur une zone sismique s'enfonçant sous la côte nord et sur laquelle a eu lieu le séisme de 1995 de magnitude Ms 6,2 (fig. 2). Une dizaine de séismes destructeurs s'y sont produits en un siècle.

A partir de 1990, sa partie ouest a fait l'objet de recherches intensives, menées essentiellement par des équipes françaises et grecques qui avaient déjà collaboré après le séisme de Corinthe (1981) et de Kalamata (1986). Ces premières années ont permis des avancées dans la connaissance de la micro-sismicité (campagne en été 1991), du taux d'ouverture du rift mesuré par GPS (> 1cm/a) et des failles actives qui ont été cartographiées en détail. Deux séismes majeurs sont survenus dans cette période, en 1992 et 1995, apportant des nouvelles contraintes sur le fonctionnement de la déformation dans cette région. En attendant, les microséismes détectés (10000 par an en moyenne) apparaissent sous forme de crises intenses dont les plus grandes s'étendent sur 10-15 km et durent quelques mois, avec des magnitudes principalement entre 1 et 3, mais pouvant parfois atteindre 4, voire 5 (fig. 2).

Corinth Rift Laboratory (CRL)

En 2000 est lancé le projet européen CRL, piloté par la France, associant des dizaines d'instituts de recherche et d'universités européens. Il a pour objectif de mesurer et comprendre le mode de chargement et l'activité des failles de cette partie du rift, dont les dernières ruptures sismiques remontent à un, voire plusieurs siècles. Ces segments de failles, formant un réseau d'une trentaine de kilomètres, pourraient donc produire un ou plusieurs séismes de magnitude supérieure à 6 d'ici quelques décennies. Ce projet, et ceux qui ont suivi depuis de façon plus ou moins continue, ont permis de nombreuses campagnes de terrain, géologiques et

géophysiques, et la mise en place progressive de plusieurs réseaux de surveillance continue : sismologique, géodésique, hydrologique, géochimique et marégraphique.

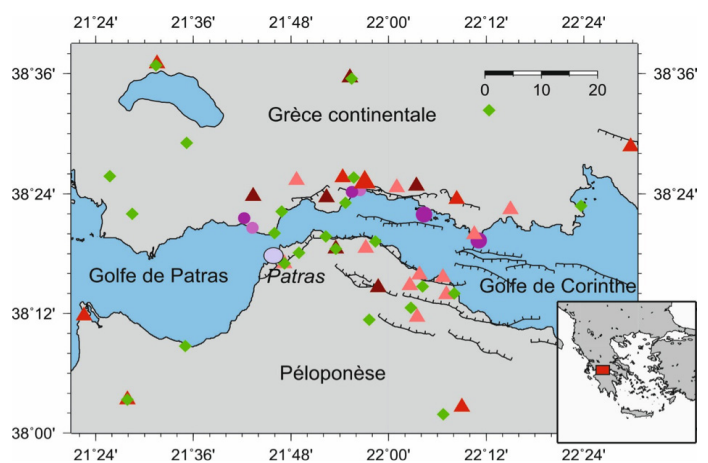


Fig. 1) Carte des réseaux d'observation CRL : stations sismologiques (triangles roses : courte période ; triangles rouges : large bande ; triangles marrons : large bande + accéléromètre ; grand triangle rouge: antenne de 7 stations) ; stations GNSS en losanges verts (sur quelques sites, le GPS est colocalisé avec la sismologie). Les 2 couples de petits cercles mauves foncés et clair correspondent à des couples extensiomètre de forage et marégraphe, les 2 grands cercles mauves correspondent à des sites d'observation multiparamètres : sismologie, déformation, GPS. En traits gris hachurés, les failles répertoriées à terre et en mer. Le cadre rouge dans l'encart représente l'ensemble de la zone couverte par CRL.

CRL a été labellisé site instrumenté de l'INSU en 2012, et est devenu Service National d'Observation (SNO) en 2017. Sélectionné dans EPOS comme un des cinq observatoires constituant les « Near Fault Observatories » (NFO), CRL se tourne résolument vers une structuration européenne sous une responsabilité franco-grecque et s'est engagé à rendre accessible à la communauté les données de base mais aussi les produits élaborés (catalogues, modèles de vitesse, bases d'événements et de multiplets*, cartes de failles, données géodésiques avancées).

Réseaux et produits

L'instrumentation sismologique actuelle est assez hétérogène et consiste en 10 stations large et moyenne

bande en surface, des stations courte période (6 en forage et 5 en surface), et 5 accéléromètres au rocher, colocalisés avec un vélocimètre. Une antenne de 7 stations moyenne bande complète le dispositif d'observation sismologique (fig. 1). Les données sont télétransmises en temps réel et analysées sur un serveur à l'ENS, à Paris. Une analyse de la sismicité en temps réel permet le suivi de l'activité de la région.

La supervision des stations françaises (code réseau CL) et la production des méta-données associées sont effectuées grâce aux outils développés dans le cadre de RESIF. La diffusion des flux temps-réel, la distribution des données et méta-données validées et leur archivage sont assurés par le centre de données sismologiques RESIF. Les données des instruments grecs (code réseau HP, HA et HL) sont de leur côté diffusées par le centre national grec hébergé par NOA (Observatoire National d'Athènes).

Un catalogue de sismicité CRL (localisation et calcul de magnitude de moment) est produit a posteriori et diffusé sur le site web CRL (www.crlab.eu). Dans le courant de l'année 2017, l'ensemble du bulletin (localisations et pointés de phases sismiques) sera accessible par «web service». Les mécanismes au foyer de la région sont effectués en routine par le NOA et mis à disposition en version automatique et révisée.

Le réseau GNSS (fig. 1) est composé de 32 stations permanentes sur la zone couverte par CRL et il comporte aussi un ensemble de stations permettant un appui sur les régions périphériques. Les données sont distribuées dans le cadre du service GNSS de EPOS et par le centre de NOA. Par ailleurs, avec l'objectif de suivre la déformation du sol en temps quasi-réel, Les données radar des satellites Sentinel-1A et 1B sont calculées en routine, tous les 6 jours. Les résultats sont mis à la disposition des utilisateurs.

Observations complémentaires

Les systèmes d'observations précédents sont complé-

tés par 3 extensomètres de forage, doublés de 3 marégraphes et d'un piézomètre de forage (fig. 1). Des balises météo (pression atmosphérique, pluie, vent) complètent certains sites. Les outils pour la diffusion des données correspondantes sont en cours de mise en place, en interaction avec les différents acteurs de RESIF.

Sismicité et déformation

A grande échelle de temps, nos études ont mis en évidence l'apparente contradiction entre la régularité de l'ouverture séculaire vue par la géodésie et les fluctuations considérables de l'activité microsismique. Cela nous a conduit à proposer comme source dominante de la déformation du rift non pas un grand cisaillement sur le plan de détachement de pendage nord mais une déformation en ouverture sous une zone d'activité microsismique intense sur de multiples segments de faille à l'aplomb du golfe (fig. 2, Lambotte et al., 2014).

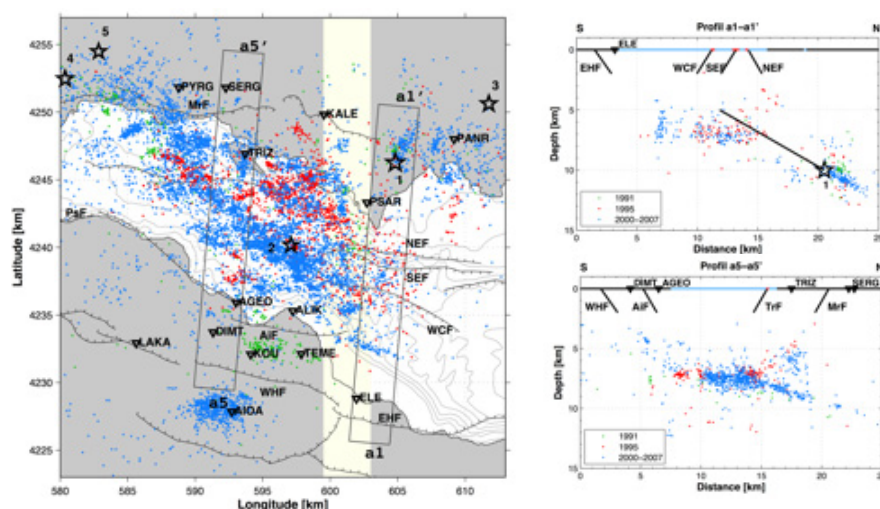


Fig. 2) Carte de la sismicité relocalisée (bleu : 2000-2007, rouge : 1995, vert : 1991), ainsi que deux coupes verticales. La première située à l'est (profil a1-a1') montre la rupture du séisme de 1995 (trait noir) dans une zone caractérisée par une faible microsismicité, et la deuxième, dans la partie centrale (profil a5-a5'), montre la zone sismique active sous le rift, dans laquelle viennent s'enraciner les failles, et dans laquelle a lieu la majeure partie de la microsismicité. Les étoiles correspondent aux séismes importants ($M \geq 5,5$): 1: $M_s = 6,2$ Séisme d'Aigion (Bernard et al., 1997), 2: réplique majeure du séisme de 1995 ($M_l = 5,2$), 3: séisme d'Agios Pandes 1997 ($M_s = 5,3$), 4,5: séismes d'Efpalio 2010 ($M_w = 5,3$ et $M_w = 5,2$) (Sokos et al., 2012).

A moyenne échelle de temps, les analyses spatio-temporelles très détaillées de la microsismicité, rendues possibles par la construction d'une imposante base de multiplets* associés à la même micro-structure (Lambotte et al., 2014, Godano et al., 2015), montrent des migrations d'ensemble à des vitesses compatibles avec de la diffusion de pression de pore, les zones les plus diffusantes et donc perméables se trouvant au cœur de la couche active sismiquement (Duverger et al., 2015).

A plus courte échelle de temps, nos études les plus récentes montrent que le démarrage des ruptures paraît dépendre de la magnitude, la première onde P étant d'autant plus impulsive que la magnitude est grande.

peut-être à mettre en relation avec la microsismicité diffuse à très faible profondeur (2-5 km) dans leur voisinage. Les études en cours sur les structures révélées par la microsismicité relocalisée finement, avec une incertitude de quelques dizaines de mètres, devraient nous éclairer sur le contexte structural de cette dynamique multiéchelle.

Bien des questions restent posées. En particulier, quelle est la cause de ces pulsations sismiques : glissements transitoires sur les failles ou migrations de pression d'eau en leur sein ? Comment contribuent-elles à l'ouverture quasi-continue du rift ? Comment préparent-elles, ou inhibent-elles, la rupture prochaine des aspérités sismiques, actuellement bloquées, à la source de futurs grands séismes ?

Répondre à ces questions, et à de nombreuses autres, est le défi relevé par CRL pour la prochaine décennie. Cela exigera la maintenance et sans doute le renforcement des réseaux de surveillance dans cette région du rift de Corinthe, et un travail d'analyse, d'interprétation, et de modélisation véritablement pluri-disciplinaire.

*multiplets: séismes très proches les uns des autres et dont les signaux sont semblables.

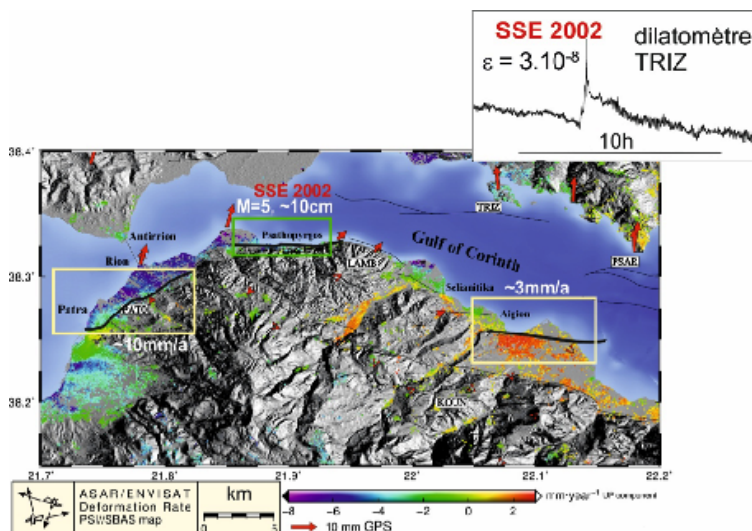


Fig. 3) Failles principales (traits fins noirs) et déplacements verticaux annuels (traits épais noirs) obtenus par corrélation d'images InSAR entre 2002 et 2010. Les flèches rouges représentent le déplacement horizontal annuel mesuré par GPS sur la même période par rapport au centre du Péloponèse. Les rectangles soulignent 3 zones sur lesquelles sont vus des indications de glissement aisé sur des failles principales. Faille de Psathopyrgos (rectangle vert): signal transitoire observé sur un dilatomètre de forage en 2002 (encart) et interprété comme un fluage (SSE = slow seismic event) équivalent à un séisme de magnitude 5 (~10cm de glissement); rectangles roses: déplacements à l'est sur les failles d'Aigion (~3mm/an) et à l'ouest de Patras (~10mm/a).

Des glissements aisé transitoires sont aussi détectés par la géodésie, comme ce séisme lent de magnitude 5 associé à la partie superficielle d'une faille majeure, détecté par les mesures d'un dilatomètre en forage (fig.3, Bernard et al., 2006), ou ces glissements plus persistants, encore mal résolus en temps, observés par InSAR sur d'autres failles (fig. 3, Elias, 2013),

Références

- Bernard et al., 1997, Journal of Seismology 1, 131-150.
- Bernard et al., 2006, Tectonophysics 426, 7-30.
- Duverger et al., 2015, Geophys. Res. Lett., 42, 7374-7382.
- Elias, 2013, Terrain déformation du rift de Corinthe (Grèce) et ses environs, en utilisant l'interférométrie SAR, thèse de l'ENS Paris.
- Godano et al., 2015, J. Geophys. Res., 120 (11), 7683 - 7712.
- Lambotte et al., 2014, Geophys. J. Int., 197, 1822 - 1844.
- Sokos et al., 2012, Tectonophysics, 530-531, 299-309.

Partenaires :

- France : IPG Paris, ENS Paris, EOST, Géoazur, Mines Paristech.
- Grèce : Patras University, National Kapodastrian University of Athens, NOA.
- République Tchèque : Charles University, Prague.

Contacts:

Pascal Bernard, IPG Paris (bernard@ipgp.fr), Sophie Lambotte, EOST (sophie.lambotte@eost.u-strasbg.fr), Hélène Lyon-Caen, ENS Paris (lyoncaen@geologie.ens.fr), Anne Deschamps, Géoazur, (deschamps@geoazur.unice.fr), Pierre Briole, ENS Paris (briole@ens.fr)