



HAL
open science

Calcul automatique de mécanismes au foyer par inversion des formes d'ondes des stations Résif

B. Delouis

► **To cite this version:**

B. Delouis. Calcul automatique de mécanismes au foyer par inversion des formes d'ondes des stations Résif. 2018, pp.8-10. hal-03709810

HAL Id: hal-03709810

<https://hal.science/hal-03709810>

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.

CALCUL AUTOMATIQUE DE MÉCANISMES AU FOYER PAR INVERSION DES FORMES D'ONDES DES STATIONS RESIF

Auteur : Bertrand Delouis

Lorsqu'un séisme est détecté et localisé en temps réel par seiscomp3 (<https://www.seiscomp3.org>) à Géoazur (<http://sismoazur.oca.eu>), un calcul automatique du mécanisme au foyer par inversion des formes d'ondes est déclenché si la magnitude locale (Ml) atteint un certain seuil et que le séisme se situe dans une aire géographique prédéfinie. Le seuil est $Ml=2,5$ pour le domaine métropolitain et les régions frontalières (aire locale), et $Ml=4,5$ pour un domaine plus large incorporant le Nord de l'Europe, l'Espagne, le Nord de l'Afrique, et se prolongeant vers l'Est jusqu'à la Turquie (aire régionale, voir carte sur http://sismoazur.oca.eu/focal_mechanism).

Il est rare qu'un mécanisme automatique puisse être obtenu pour une magnitude inférieure à 3, mais avec le développement du réseau RESIF métropolitain cela pourrait devenir possible dans les zones à forte densité de stations large bande. Pour l'aire locale, les stations utilisées pour l'inversion des formes d'ondes sont celles du réseau FR, RD (CEA), RA (RAP), complétées par les stations du réseau suisse (CH), les stations italiennes proches (GU, Gênes et IV, INGV Rome), et deux stations de Catalogne (CA). Pour l'aire régionale, à ces mêmes stations se rajoute un maillage plus large provenant des réseaux IV, MN (Mednet), G (Géoscope), et GE (Geofon). Les canaux large bande (HH, voire BH) sont utilisés en priorité, mais les canaux accélérométriques peuvent être pris en compte si le rapport signal sur bruit est suffisamment élevé.

Lorsqu'un séisme est re-pointé manuellement, avec l'ajout des temps d'arrivée des ondes S, et qu'une nouvelle localisation affinée est obtenue, la procédure est relancée et le résultat de la nouvelle inversion de la source remplace le précédent sur le site web. Le résultat

de l'inversion n'est affiché sur la page web sismoazur que si la solution est associée à un critère de qualité suffisamment bon (qualité A, B, ou C) indiquant qu'un nombre suffisant de composantes (N, E, ou Z) a été utilisé et que la solution est correctement contrainte. En effet, l'inversion étant basée sur une recherche sur grille, l'unicité (ou la non-unicité) de la solution peut être évaluée.

Les solutions sont affichées sous la forme d'une carte et d'une liste chronologique des séismes sur http://sismoazur.oca.eu/focal_mechanism.

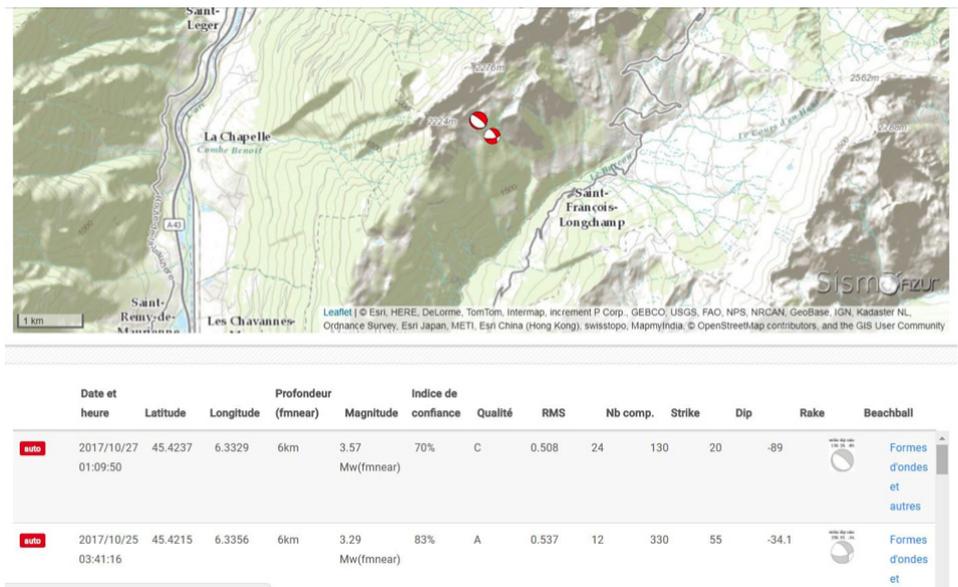


Fig. 1) Extrait de la page web http://sismoazur.oca.eu/focal_mechanism montrant les mécanismes au foyer obtenus pour les séismes de Ml 3,3 et 3,6 des 25 et 27 octobre 2017 à proximité de Saint-François-Longchamp, situés à une vingtaine de kilomètres au nord de Saint-Jean-de-Maurienne. Les valeurs de latitude et longitude sont celles de la localisation Seiscomp3, dans ce cas après pointé manuel des ondes P et des ondes S. La profondeur et la magnitude de moment M_w ont été estimées par l'inversion des formes d'ondes, en même temps que le mécanisme au foyer (strike, dip, rake). L'indice de confiance est une mesure de l'unicité de la solution (plus l'indice se rapproche de 100% mieux la solution est contrainte). La RMS est l'erreur quadratique moyenne d'ajustement des formes d'ondes (plus la RMS est faible, meilleur est l'ajustement). « Nb comp. » indique le nombre de composantes (N, E, ou Z) utilisées en fin de compte dans l'inversion. Des informations complémentaires, telles qu'illustrées sur la figure 2, peuvent être visualisées en cliquant sur « Formes d'ondes et autres ».

Fig. 2 (partie 1)

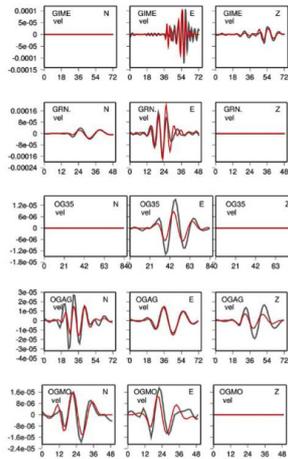
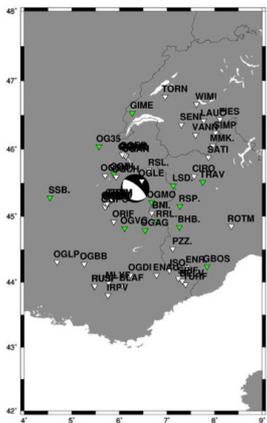


Fig. 2 (partie 3)

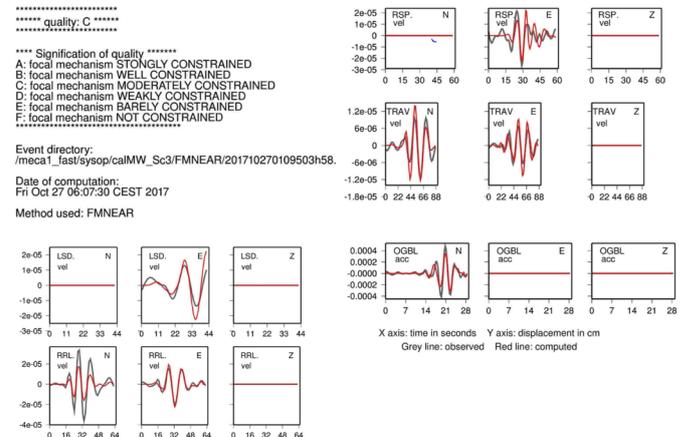


Fig. 2 (partie 2)

M < 5.5, only one point source
Frequencies too low to constrain the STF
strike dip rake
130. 20. -89.

strike dip rake
130.0 20.0 -89.0 : best focal mechanism
RMS = 0.508
Selected depth: 6.0 km
24 = number of components with freqband > 0.015Hz
70 % : index of confidence
3.57 : Mw from waveform inversion
Epicenter used (lat,lon): 45.424 6.333
Starting depth(km): 4.0
strike dip rake of the second nodal plane:
309.0 70.0 -90.4

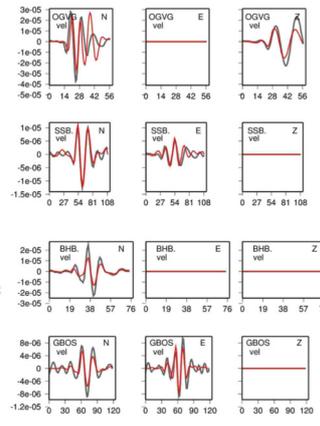


Fig. 2) Informations plus détaillées accessibles sous forme graphique depuis la page web *sismoazur* pour un séisme dont l'inversion des formes d'ondes a donné un résultat correctement contraint. Exemple du séisme du 27 octobre 2017 de la figure 1. La carte de la partie 1 montre le mécanisme au foyer obtenu avec les stations utilisées (triangles blancs : stations initialement incorporées dans l'analyse, mais non utilisées finalement ; triangles verts : stations finalement retenues pour l'inversion). Sur la colonne de droite des parties 1, 2, et 3, les ajustements de formes d'ondes en déplacement (signaux observés en gris, calculés en rouge). Les amplitudes sont en déplacement (cm). « vel » signifie vélocimètre (large bande) et « acc » accéléromètre, c'est-à-dire le type de capteur. Des informations complémentaires sont données sous forme de texte.

La figure 1 présente un zoom sur les deux séismes dominant l'essai sismique du mois d'octobre 2017 au Nord de Saint-Jean-de-Maurienne en Savoie. Sur la figure 2, les composantes « à plat » ne signifient pas un dysfonctionnement de la station, mais elles peuvent correspondre à deux cas de figure, i) la procédure entièrement automatique a rencontré une difficulté pour trouver un filtrage adapté au signal, généralement en raison d'un rapport signal/bruit trop faible, ii) l'ajustement des formes d'ondes était médiocre et ces composantes ont été éliminées au cours de l'inversion.

Une sélection initiale des stations est effectuée sur la base d'un critère azimut – distance, combiné à une première estimation de l'ajustement des formes d'ondes (RMS), afin de ne garder dans l'inversion qu'un nombre maximum de 15 stations aussi bien réparties que possible autour de l'épicentre et dont la modélisation ne présente pas de problème majeur. Avant cela, une identification des stations vélocimétriques saturées en amplitude et/ou affectées par un tilt (signaux présentant une forte dissymétrie entre

les valeurs positives et négatives en vitesse) est effectuée et les stations concernées sont éliminées d'office.

La modélisation porte sur les formes d'ondes complètes en déplacement, dont l'amplitude initiale en counts a été simplement divisée par la valeur du gain (sensitivity), contenant les termes en champ lointain (P et S), intermédiaire et lointain, ainsi que les premières ondes de surface pour les stations les plus lointaines. La distance est toutefois limitée à 800 km car un simple modèle de vitesse 1D plan est utilisé pour générer les sismogrammes synthétiques. La méthode utilisée cherche à modéliser les signaux filtrés à basse fréquence, car ceux-ci, lorsqu'ils sortent du bruit, contiennent l'information nécessaire à la détermination du mécanisme au foyer et de la magnitude de moment Mw, sans être trop dépendants du modèle de vitesse.

Pour des petits séismes ($M_l < 5,5$) la source est représentée par un point source unique et la fonction temporelle de la source (STF) n'est généralement pas contrainte. Dans le cas d'un fort séisme ($M_l > 5,5$), le

séisme est représentée par une ligne source de dimension finie étendue selon l'azimut (strike) de l'un des plans nodaux du mécanisme. De plus amples informations sur le traitement des signaux et la méthode d'inversion sont présentés dans Delouis (2014). L'article correspondant traite surtout des séismes de forte magnitude mais incorpore le cas des petits séismes tels que ceux des exemples présentés ici (figures 1 et 2).

La procédure d'extraction des formes d'ondes en lien avec Seiscomp3 et de présentation des résultats sur le site sismoazur repose en grande partie sur des développements en informatique, base de données, et web,

réalisés à Géoazur par Jérôme Chèze et Fabrice Peix. Il est prévu que les solutions mécanismes au foyer trouvées soient envoyées automatiquement au RENASS-BCSF, selon des modalités qui seront définies dans le cadre de l'action transverse RESIF-Sismicité.

Contact :

Bertrand Delouis, Géoazur, Valbonne
(delouis@geoazur.unice.fr)

Référence :

- Delouis, B., 2014. BSSA, 104 (3), 1.479-1500. doi: 10.1785/0120130151.