



HAL
open science

Effet de la profondeur d'installation et des solutions de couplage sur les signaux sismologiques

Fabrice Hollender, Hélène Jund, Isabelle Douste-Bacqué, Emeline Maufroy,
Paola Traversa, Pauline Rischette

► **To cite this version:**

Fabrice Hollender, Hélène Jund, Isabelle Douste-Bacqué, Emeline Maufroy, Paola Traversa, et al..
Effet de la profondeur d'installation et des solutions de couplage sur les signaux sismologiques. 2022,
pp.14-15. hal-04224524

HAL Id: hal-04224524

<https://hal.science/hal-04224524>

Submitted on 2 Oct 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, publi es ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou priv es.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Effet de la profondeur d'installation et des solutions de couplage sur les signaux sismologiques

En sismologie de l'ingénieur, les signaux enregistrés par les stations sismologiques (essentiellement réseaux accélérométriques, mais aussi réseaux large-bande) sont considérés comme étant en 'champ libre', c'est-à-dire comme enregistrant les mouvements du sol en surface et exempts de toute interaction sol-structure (ISS). Certaines observations récentes (Hollender et al. 2020) ont montré que ces conditions pouvaient ne pas être respectées, même pour de faibles profondeurs d'installation ou de petites structures, telles que les petites dalles en béton souvent utilisées pour ancrer les accéléromètres.

Ces observations ont motivé des mesures spécifiques réalisées sur des stations accélérométriques ou des stations couplées accéléromètres-sismomètres large bande des réseaux permanents Français Résif-RAP et Résif-RLBP (RESIF 1995a, RESIF 1995b) via le projet AO RAP INSTAL.

Analyse des effets d'ISS et de profondeur

Approche suivie

Les effets potentiels de profondeur et d'interaction sol-structure ont été estimés de manière empirique, en déployant des stations temporaires, positionnées en vrai champ libre, à proximité de stations permanentes (ECH, HOHE, MANO, STMU, WLS et ZELS dans le Nord Est de la France ; OGFO, OGSA et OG35 dans les Alpes). Ces stations ont enregistré les mouvements du sol en continu pendant environ une année.

A partir de ces enregistrements, nous avons appliqué un traitement SSR (Standard Spectral Ratio) classique : 1/ identification des séismes enregistrés avec un rapport signal sur bruit satisfaisant, 2/ calcul des rapports de spectres de Fourier sur

des fenêtres d'ondes S entre stations temporaires en champ libre (référence) et stations permanentes, 3/ calcul des moyennes et écarts type sur les quelques dizaines de séismes utilisés sur chaque site. Sur chaque figure (Figures 2 et 3) sont représentés, pour les composantes horizontales et verticales : les rapports SSR pour chaque séisme, les moyennes et écarts types des rapports SSR, le nombre de séismes utilisé par fréquence. Nous avons choisi de présenter ici les résultats obtenus à la station ECH et à la station STMU.

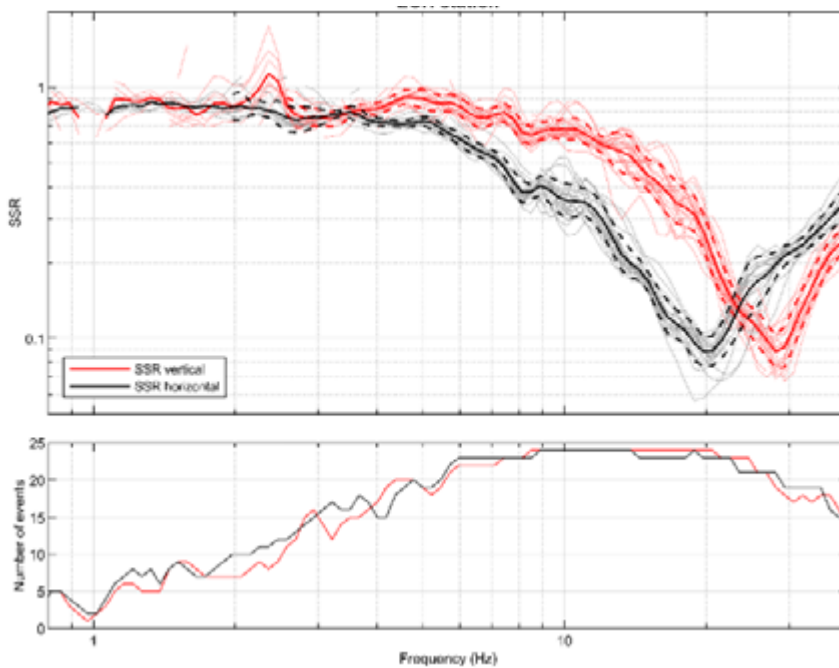
Effet de profondeur à la station ECH

La station ECH, implantée sur la commune d'Échery dans le Nord-Est de la France, est installée dans une ancienne galerie de mine 1, à une profondeur d'environ 30 m. Cette station est souvent considérée comme la station de référence pour

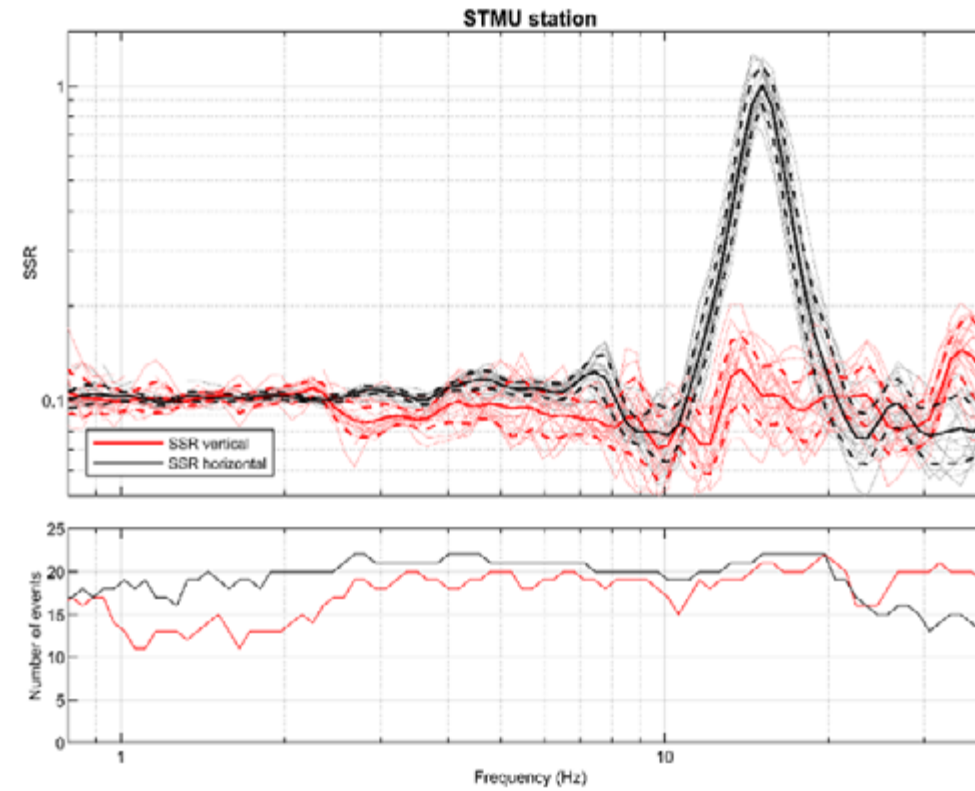


1 - Entrée de la mine accueillant la station ECH © IPGP

le Nord-Est de la France car implantée sur du rocher très dur. La station temporaire a été installée en surface (champ libre). Sur une période d'un an, environ 25 séismes présentant un bon rapport signal-sur bruit ont pu être utilisés. La Figure 2 montre les SSR calculés entre la station permanente (en profondeur) et la station en surface (station champ libre, uti-



2 - Effet de la profondeur à la station ECH, implantée dans un tunnel. En haut : rapports spectraux entre la station permanente (en tunnel) et la station temporaire située en champ libre. En bas : nombre d'événements sismiques utilisés pour calculer les rapports spectraux. On observe une forte désamplification à haute fréquence (supérieure à un facteur 10 à 10 Hz en horizontal, 28 Hz en vertical)



3 - Effet du pilier sur lequel est installée la station STMU. En haut : rapports spectraux entre la station permanente (sur pilier) et la station temporaire située en champ libre. En bas : nombre d'événements sismiques utilisés pour calculer les rapports spectraux. On observe une forte amplification à haute fréquence sur les composantes horizontales (facteur 10 à 15 Hz).

lisée comme référence). On observe une très forte désamplification à haute fréquence (supérieure à un facteur 10 à 10 Hz en horizontal, 28 Hz en vertical), causée par le phénomène d'interférence destructive entre l'onde montante et l'onde descendante.

Effet du pilier à la station STMU

La station STMU est installée dans le musée sismologique de la ville de Strasbourg, qui est en fait la station sismologique historique de l'observatoire de Strasbourg, créée à la fin du XIXème siècle. Cet accéléromètre a été placé au sommet d'un 'pilier sismique' massif sur lequel était installé l'un des grands sismomètres 'primitifs' de l'observatoire. La station temporaire a été installée en surface (champ-libre) à l'extérieur du bâtiment du musée. Sur une période d'un an, environ 20 séismes ont pu être utilisés. La Figure 3 montre les SSR calculés entre la station permanente (sur pilier) et la station en surface (station champ libre, utilisée comme référence). A l'inverse de ce qui a été observé sur la station ECH, on observe ici une très forte amplification à haute fréquence (facteur 10 à 15 Hz), causée par le mode de vibration propre du pilier. Les mouvements verticaux, quant à eux, ne sont pas affectés.

Sur les composantes horizontales, si l'on combine la désamplification centrée à 15 Hz de la station ECH et l'amplification centrée à 20 Hz de la station STMU, on obtient un écart maximum impressionnant d'un facteur 60 à haute fréquence, uniquement dû à des choix d'installation (en profondeur dans un cas, sur un pilier dans l'autre cas), sans que les effets de site n'interviennent dans ce chiffre. Les caractéristiques d'installation de ces deux stations et les effets que leur conditions d'installation induisent sur

les signaux ne sont pas indiquées dans les web-services distribuant leurs données.

Conclusions

Les travaux présentés ici montrent que les choix d'installation peuvent engendrer des effets importants qui affectent sensiblement le contenu fréquentiel des enregistrements.

Concernant les effets d'interaction sol-structure, on observe que même pour de petites dalles en béton, les effets peuvent être sensibles à haute fréquence (en général, amplification du signal), parfois assortis de variations saisonnières. Un effet maximal a été observé à la station STMU compte tenu du comportement du pilier de la station.

Concernant l'effet de profondeur, on observe des effets drastiques de désamplification du signal, pouvant

dépasser un facteur 10, même pour de faibles profondeurs (quatre mètres par exemple pour OGSA). Au-delà de la « sismologie de l'ingénieur », il est nécessaire de se questionner sur l'impact de ces effets sur les estimations des magnitudes (les grands écarts d'estimation observés d'une station à l'autre peuvent en partie trouver leur explication ici), et ce, d'autant plus que le standard des installations actuelles est d'installer les sismomètres large bande en post-hole, c'est-à-dire justement en profondeur.

Ces effets doivent être mieux documentés, les informations correspondantes introduites dans les métadonnées associées aux stations et pris en compte par les utilisateurs des bases de données.

Fabrice Hollender (CEA - ISTerre), Hélène Jund (Eost), Isabelle Douste-Bacqué (ISTerre), Emeline Maufroy (ISTerre), Paola Traversa (EdF), Pauline Rischette (CEA).

References

Hollender F, Roumelioti Z, Maufroy E, Traversa P, Mariscal A (2020) Can We Trust High-Frequency Content in Strong-Motion Database Signals? Impact of Housing, Coupling, and Installation Depth of Seismic Sensors. *Seismological Research Letters*. doi.org/10.1785/0220190163

RESIF (1995a). RESIF-RAP French Accelerometric Network, doi.org/10.15778/RESIF.RA.

RESIF (1995b) RESIF-RLBP French Broad-band network, RESIF-RAP strong motion network and other seismic stations in metropolitan France, doi.org/10.15778/RESIF.FR.