



HAL
open science

PISE: la Plateforme Instrumentale Sismologique de l'EOST

Maxime Bès de Berc, Hélène Jund, Weyland Gauthier, Jeanyves Thoré, Lise Mangin

► **To cite this version:**

Maxime Bès de Berc, Hélène Jund, Weyland Gauthier, Jeanyves Thoré, Lise Mangin. PISE: la Plateforme Instrumentale Sismologique de l'EOST. Rencontres Scientifiques et Techniques de Resif, Oct 2017, Saint Jean de Monts, France. hal-03496136

HAL Id: hal-03496136

<https://hal.science/hal-03496136>

Submitted on 20 Dec 2021

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.

PISE: la Plateforme Instrumentale Sismologique de l'EOST

Maxime Bès de Berc⁽¹⁾, Hélène Jund⁽²⁾, Gauthier Weyland⁽¹⁾, Jean-Yves Thoré⁽²⁾, Lise Mangin⁽³⁾

- (1) Institut de Physique du Globe de Strasbourg; UMR7516, Université de Strasbourg/EOST,CNRS; 5 rue René Descartes, 67084 Strasbourg.
 (2) Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre; UMS830, Université de Strasbourg/EOST,CNRS; 5 rue René Descartes, 67084 Strasbourg.
 (3) Institut Universitaire de Technologie, Département de Mesures Physiques, 151 rue de la Papeterie, 38402 Saint Martin d'Hères.

Contact: mbesdeberc@unistra.fr

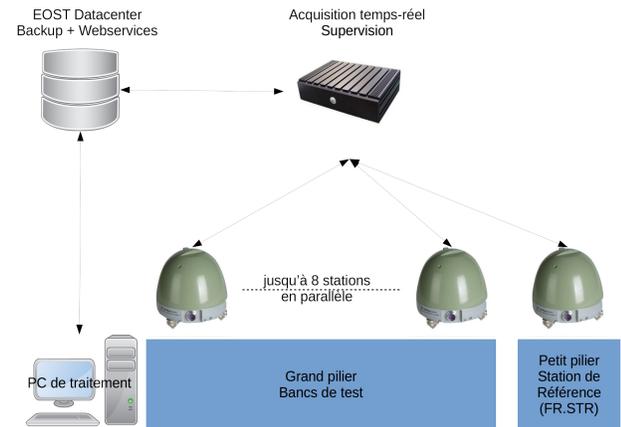
Résumé

Les projets sismologiques sont de plus en plus basés sur une instrumentation conséquente. La tendance va clairement vers une densification importante des réseaux et une croissance des parcs instrumentaux. Cette constatation est vérifiée aussi bien à l'échelle internationale, que nationale et locale, et concerne les projets de recherche et les observatoires. Malgré des objectifs scientifiques divergents et les contraintes techniques spécifiques à chaque projet, le dénominateur commun de ces composantes est la nécessité d'avoir un suivi de l'état et des caractéristiques de l'instrumentation incluse dans la chaîne d'acquisition, ainsi que la réalisation de sa maintenance. C'est pourquoi l'EOST a mis en place une plateforme technique, la Plateforme Instrumentale Sismologique de l'Eost (PISE). Cette structure utilise des piliers sismologiques dédiés pour tester, valider, étalonner, maintenir et effectuer un suivi dans le temps de l'instrumentation intégrée.

Principe

PISE utilise deux piliers sismologiques situés au sous-sol de l'EOST, dans deux pièces adjacentes. Le petit pilier héberge la station de référence, intégrée au réseau FR (code: STR). Celle-ci a fait l'objet d'un étalonnage minutieux et est utilisée pour effectuer des tests comparatifs et les étalonnages relatifs. Le grand pilier héberge l'ensemble des bancs de tests permettant d'effectuer les étalonnages absolus. Un système d'acquisition automatique acquiert en temps-réel les données de toutes les stations de test, et les envoie au datacenter de l'EOST qui les stocke, et les met à disposition via des webservice (arlink, fdsnws). L'opérateur les récupère et les analyse via l'utilisation de ces webservice.

Figure 1 (à droite): Schéma de principe de PISE. Le grand pilier accueille 8 stations en test, le petit, la station de référence (STR).



Enregistreurs

Chaque enregistreur est intégré au banc de test via une procédure normalisée. L'acquisition des données se fait automatiquement et un système de supervision génère des graphes de suivi des paramètres techniques, qui sont vérifiés. Les firmwares sont mis à jour. Les sensibilités et le bruit électronique de chacun des numériseurs sont calculés à l'aide d'une référence de tension et de résistances de précision.



Figure 2: Exemple de graphe de supervision (nombre de sat. gps)

Vobulation

Afin de vérifier la fréquence de coupure haute des capteurs sismologiques modernes, la méthode choisie par PISE est l'injection d'un signal sinusoïdal de variation linéaire en fréquence (vobulé ou sweep) dans la bobine de calibration des différentes composantes. Les autres méthodes possibles par corrélation de bruit ne fonctionnent pas car le site subit des vibrations hautes fréquences trop importantes dû à sa localisation en milieu urbain.

Le signal vobulé est enregistré directement sur une voie libre d'un numériseur afin d'enregistrer le signal de référence et est injecté en parallèle dans la bobine de calibration du capteur.

Après avoir récupéré les signaux, on effectue une division spectrale et l'on obtient directement la forme de la réponse instrumentale haute fréquence du capteur.

Les codes de traitement sont écrits en python et disponibles sur <https://github.com/eost/pyCoilCalib>

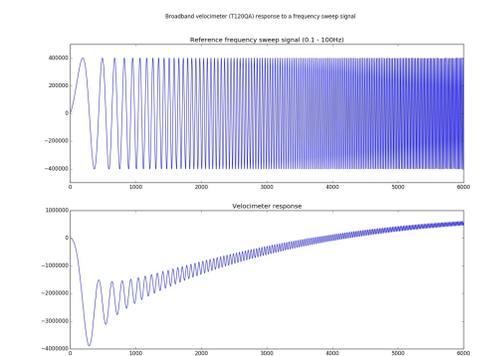


Figure 4: Signal sinusoïdal de variation de fréquence (haut) injecté dans la bobine de calibration et réponse d'un vélocimètre large bande Trillium-120QA (bas).

Réponse impulsionnelle:

Un module d'injection de signal dans les bobines d'étalonnage, contrôlable à distance, a été développé par PISE. Celui-ci est aussi utilisé pour la technique de vobulation

La technique de la réponse impulsionnelle permet de calculer la partie basse fréquence de la fonction de transfert du capteur, en injectant un signal créneau. La forme de la réponse dépend de la fréquence de coupure, et du coefficient d'amortissement.

Le programme d'analyse de PISE compare la réponse avec un modèle théorique dont ces paramètres varient. La meilleure cohérence entre le modèle et la réponse donne ces valeurs pour la composante du capteur en test. Les codes de traitement sont écrits en python et disponibles sur <https://github.com/eost/pyRepImp>

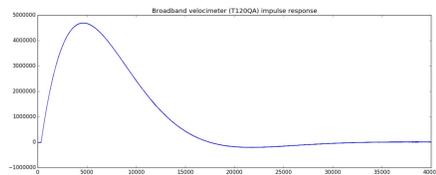


Figure 3: Réponse impulsionnelle d'un vélocimètre large-bande. La forme de cette réponse dépend directement de la période de coupure et du coefficient d'amortissement.

Table vibrante:

La table vibrante, commercialisée par Lennartz GmbH, applique un mouvement vertical au capteur sur son plateau supérieur, mesuré par des jauges micrométriques. Elle offre ainsi une mesure directe du gain de la composante verticale d'un vélocimètre.

En installant un plateau entre la table et un pied fixe, il est possible d'appliquer un tilt connu permettant de mesurer le gain des composantes horizontales.

En appliquant ce tilt un certain temps (~15s), le sismomètre arrive à saturation.

PISE a développé un module de contrôle à distance, basé sur un Arduino et contrôlable par une interface graphique ou par un script python. L'étalonnage se fait ainsi sans intervention humaine, dans la pièce fermée et isolée. Les codes de traitement sont écrits en python et disponibles sur <https://github.com/eost/pyCTEW1>

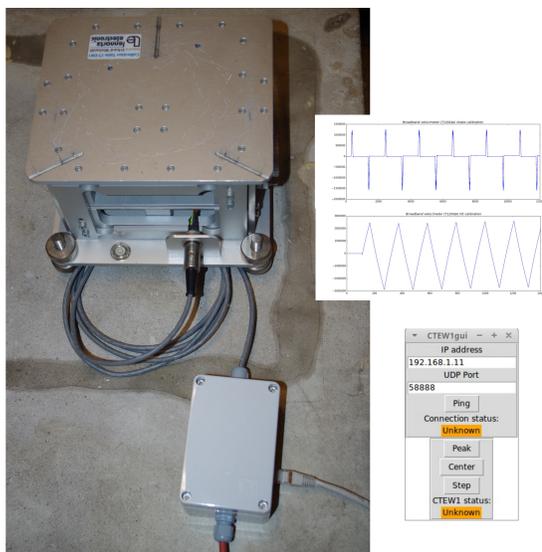


Figure 6: Table vibrante et son module de contrôle (à gauche). Celle-ci se pilote à distance via une interface graphique (en bas à droite), ou un programme python automatique, permettant le mouvement le plus régulier et stable possible (en haut à droite)

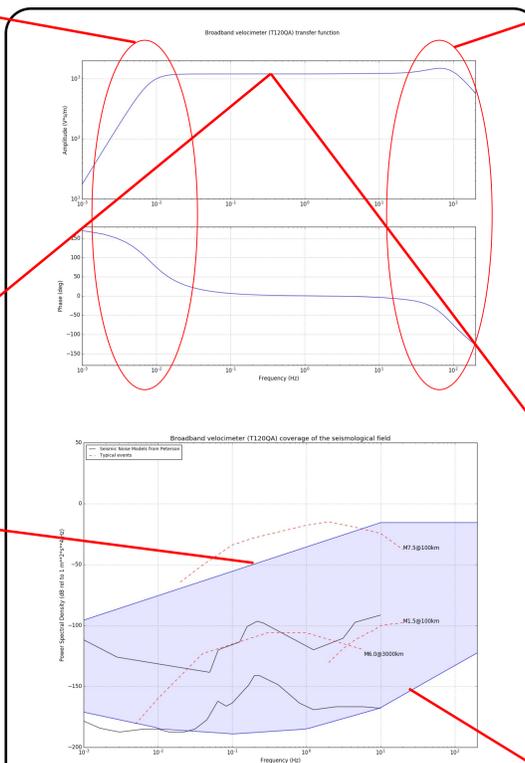


Figure 5: Fonction de transfert (en haut) et couverture du champ sismologique (en bas) d'un vélocimètre dit large-bande (Trillium-120QA), regroupant l'ensemble des caractéristiques que PISE est en mesure de calculer.

Matrice de rotation

L'opérateur calcule systématiquement la matrice de rotation entre le capteur de test et la station de référence. Cela permet d'avoir une estimation extrêmement rapide et fiable de l'erreur d'orientation, des polarités et des gains de la chaîne d'acquisition.

Les codes de traitement sont écrits en python et disponibles sur <https://github.com/eost/pyColocSensors>

Bruit instrumental

La plateforme utilise la méthode de cohérence de 3 capteurs colocalisés pour compiler une estimation de leur bruit instrumental. Cette méthode nécessite une longue série de signaux très fortement cohérents, et l'opérateur doit minutieusement installer les capteurs, les isoler de façon à obtenir les meilleurs signaux sismologiques possibles.

Les codes de traitement sont écrits en python et disponibles sur <https://github.com/eost/pyColocSensors>

Avancement et perspectives

PISE est opérationnelle depuis janvier 2016. La structure a déjà pris en charge plusieurs parcs instrumentaux, et en particulier les 110 stations large-bande de RESIF-CLB (Construction Large-Bande), qui sont en cours d'étalonnage. Les résultats sont stockés au sein de la base de données Gissmo (Gestion Informatisée du Suivi des Stations Sismologiques) et disponibles pour l'utilisateur. Les données peuvent être rejouées à l'envie. Elle tient une cadence de 8 stations étalonnées par semaine.

PISE s'oriente de plus en plus vers des étalonnages relatifs, qui sont plus simples et rapides que les étalonnages absolus décrits ici. Cependant, ceux-ci nécessitent une station de référence dont l'incertitude des mesures est finement caractérisée. C'est pourquoi la plateforme est en relation avec le service métrologie sismique du CEA, qui dispose d'un banc de test en cours de certification par le LNE (Laboratoire National d'Essais), et qui étalonnera les capteurs de la station de référence.

