

Automatic classification of natural signals for environmental monitoring

Marielle MALFANTE

Laboratoire : GIPSA-LAB

Directeur de thèse : Jérôme Mars /
Mauro Dalla Mura

Co-financeurs : Direction Générale de
l'Armement / MRIS
Géosciences

École doctorale : TUE

Début / Soutenance : 01/10/2015 - 03/10/2018

Formation : Ingénieur Grenoble INP, Signal
Image Communication
Multimédia

Poste actuel : Ingénieur au CEA LETI (CDI)



Résultats majeurs et illustrations

Avancées scientifiques majeures ou en rupture

- Conception et développement d'une architecture d'analyse automatique de signaux naturels transitoires basés sur machine learning et sur l'utilisation d'une centaine de descripteurs physiques permettant de caractériser les signaux dans des domaines de représentation particuliers.
- Le système d'analyse proposé a permis d'effectuer une analyse automatique (i.e., classification d'événements) de données bioacoustique et volcano-sismiques. L'architecture proposée classe automatiquement les événements sismiques en plusieurs catégories, associées à diverses activités du volcan Ubinas (Pérou) qui se sont déroulés pendant 6 ans.
- Un déploiement de l'approche proposée a été fait dans un cadre opérationnel notamment avec l'observatoire du Volcan Merapi, Indonésie.

Illustrations

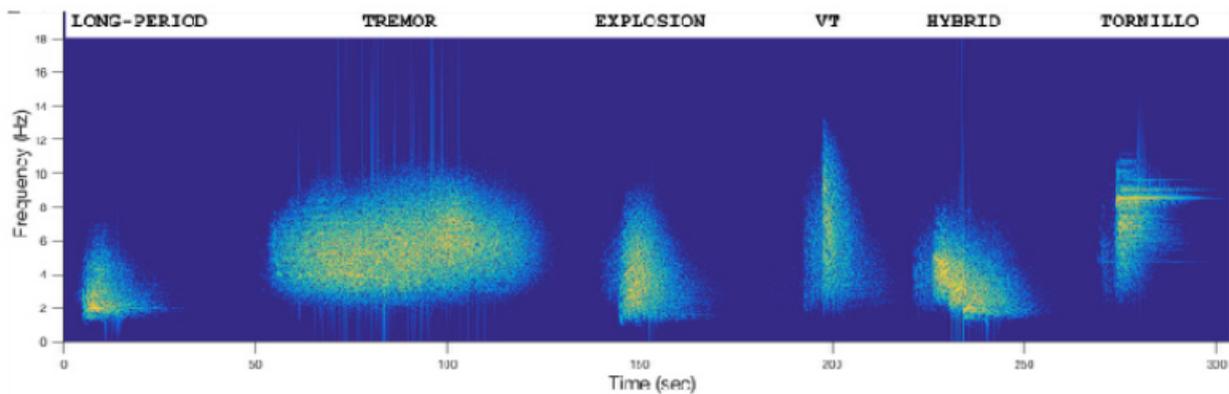


Figure 1: Extrait de Malfante et al, JGR 2018, Exemples de signaux volcano-sismiques issus d'un jeu de données comprenant plus de 6 années d'enregistrements continus (109,609 événements labellisés, 6 classes) et taux de classification (ci-dessous)

Confusion Matrix for $\alpha = 70\%$ and a model trained with SVM, 50-fold cross-validation. Overall accuracy: 92.2%.

		True Class (ground truth)					
		LP	TR	VT	EXP	HYB	TOR
Predicted Class	LP	57260	474	5	0	6	1
	TR	4261	4757	3	5	3	2
	VT	400	7	479	6	11	2
	EXP	47	6	6	36	0	0
	HYB	57	1	16	1	121	0
	TOR	4	0	3	0	0	28
Accuracy:		92.3%	90.7%	93.6%	75.3%	85.9%	84.4%

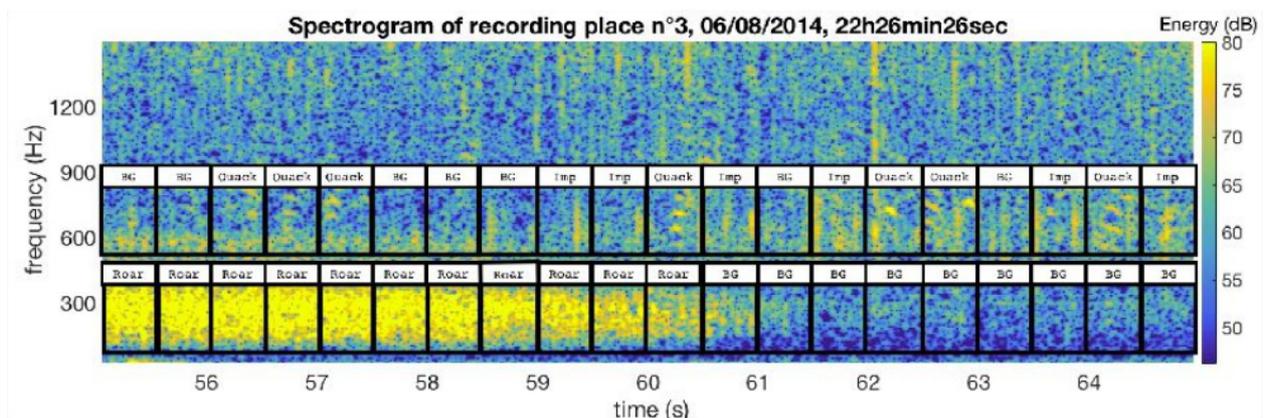


Figure 1: Exemple d'enregistrement de signaux bioacoustiques émises par des poissons avec labellisation obtenue par la méthode d'analyse automatique proposée. Malfante et al, JASA 2018

Distinctions

First Prize Best [Student Paper Award](#) in Animal Bioacoustics at the Salt Lake City meeting of the Acoustical Society of America.

Résumé de la thèse

Ce manuscrit de thèse résume trois ans de travaux sur l'utilisation des méthodes d'apprentissage statistique pour l'analyse automatique de signaux naturels. L'objectif principal est de présenter des outils efficaces et opérationnels pour l'analyse de signaux environnementaux, en vue de mieux connaître et comprendre l'environnement considéré. On se concentre en particulier sur les tâches de détection et de classification automatique d'événements naturels. Dans cette thèse, deux outils basés sur l'apprentissage supervisé (Support Vector Machine et Random Forest) sont présentés pour (i) la classification automatique d'événements, et (ii) pour la détection et classification automatique d'événements. La robustesse des approches proposées résulte de l'espace des descripteurs dans lequel sont représentés les signaux. Les enregistrements y sont en effet décrits dans plusieurs espaces: temporel, fréquentiel et qu'érentiel. Une comparaison avec des descripteurs issus de réseaux de neurones convolutionnels (Deep Learning) est également proposée, et favorise les descripteurs issus de la physique au détriment des approches basées sur l'apprentissage profond. Les outils proposés au cours de cette thèse sont testés et validés sur des enregistrements in situ de deux environnements différents : (i) milieux marins et (ii) zones volcaniques. La première application s'intéresse aux signaux acoustiques pour la surveillance des zones sous-marines côtières: les enregistrements continus sont automatiquement analysés pour détecter et classifier les différents sons de poissons. Une périodicité quotidienne est mise en évidence. La seconde application vise la surveillance volcanique : l'architecture proposée classe automatiquement les événements sismiques en plusieurs catégories, associées à diverses activités du volcan. L'étude est menée sur 6 ans de données volcano-sismiques enregistrées sur le volcan Ubinas (Pérou). L'analyse automatique a en particulier permis d'identifier des erreurs de classification faites dans l'analyse manuelle originale. L'architecture pour la classification automatique d'événements volcano-sismiques a également été déployée et testée en observatoire en Indonésie pour la surveillance du volcan Mérapi. Les outils développés au cours de cette thèse sont rassemblés dans le module Architecture d'Analyse Automatique (AAA), disponible en libre accès.

Collaborations

- C. Gervaise (Fondation Chorus – acoustique sousmarine)
- Jean-Philippe Métaxian (Isterre), Orlando Macedo and Adolfo Inza (Observatory of Ubinas volcano (Peru)).
- François Beauducel, Budi Santoso, Pak Wiwit and Robiah Al Wardah (Observatory of Merapi volcano (Indonesia))

Publications à comité de lecture

Journaux internationaux

- Marielle Malfante, Jérôme I. Mars, Mauro Dalla Mura, and Cédric Gervaise. Automatic fish sounds classification. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 143(5):2834–2846, 2018.
- Marielle Malfante, Mauro Dalla Mura, Jean-Philippe Métaxian, Jerome I. Mars, Orlando Macedo, and Adolfo Inza. Machine learning for volcano-seismic signals: Challenges and perspectives. *IEEE Signal Processing Magazine*, 35(2):20–30, 2018

- Marielle Malfante, Mauro Dalla Mura, Jerome I. Mars, Jean-Philippe Métaxian, and Orlando Macedo. Automatic Classification of Volcano Seismic Signals. *Journal of Geophysical Research*, 2018 in press

Conférences Internationales

- Marielle Malfante, Omar Mohammed, Cedric Gervaise, Mauro Dalla Mura, and Jerome I. Mars. Use of deep features for the automatic classification of fish sounds. In OCEANS'18 MTS/IEEE, Kobe, Japan, May 2018. [Lien vers.](#)
- Marielle Malfante, Mauro Dalla Mura, Baptiste Boullay, Jean-Philippe Métaxian, and Jerome I. Mars. Apprentissage statistique: classification automatique de signaux volcano-sismiques. In XXVIème colloque GRETSI (GRETSI 2017), Juan-Les-Pins, France, September 2017. [Lien vers..](#)
- Marielle Malfante, Mauro Dalla Mura, Jerome I. Mars, and Jean-Philippe Métaxian. Machine Learning for Automatic Classification of Volcano-Seismic Signatures. In 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2017), European Signal Processing Conference Proceeding, pages 2457–2461, August 2017. [Lien vers.](#)
- Marielle Malfante, Mauro Dalla Mura, Jerome Mars, Orlando Macedo, Adolfo Inza, and Jean-Philippe Métaxian. Automatic classification of seismo-volcanic signatures. In EGU General Assembly Conference Abstracts, volume 19, page 8842, 2017
- Marielle Malfante, Mauro Dalla Mura, Jerome I Mars, and Cedric Gervaise. Automatic fish sounds classification. Volume 139, pages 2115–2116. ASA, 2016, which lead to the best paper award. The presentation was also selected for a lay language paper available.

Autres publications et présentations

Talks

- Marielle Malfante. Machine Learning for the Automatic Classification of Natural Signals: Application to Underwater Acoustics & Volcano-seismics. Bandung and BPPTKG Yogyakarta (Indonesia), 2017
- Marielle Malfante. Machine Learning for the Automatic Classification of Natural Signals: Application to Underwater Acoustics & Volcano-seismics. Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), 2017
- Marielle Malfante, Mauro Dalla Mura, Jerome I Mars, and Cedric Gervaise. Machine Learning & Bioacoustics: automatic detection & classification of fish sounds', Serenade, France (Brest), 2016
- Marielle Malfante. Machine Learning: Introduction on general concepts & focus on supervised algorithms. Training day for the participants of a course organized by BEST (Board of European Students of Technology), Grenoble, 2017
- Marielle Malfante. Supervised Machine Learning & Applications to the Automatic Classification of Fish Sounds, In Workshop Chorus entitled Signal Processing for Passive Acoustic Monitoring, France (Grenoble), 2016
- Marielle Malfante. Automatic Classification & Detection of Fish Sounds. In Deep Learning Summer School, Canada (Montreal), 2016
- Marielle Malfante. Automatic Classification of Underwater Acoustics Data: Application to Fish Sounds. In Machine Learning Summer School, Spain (Cadiz), 2016.

Valorisation

Création du logiciel « Automatic Analysis Architecture (AAA) », bibliothèque contenant les codes développés pendant la thèse pour l'analyse automatique de signaux naturels.

<http://doi.org/10.5281/zenodo.1216028>

Expérimentations sur le terrain

Visite à l'Observatoire du Mont Merapi (Indonésie) pour le déploiement du système automatique de classification. En partenariat avec F. Beauducel et le centre BBPTKG de Yogyakarta.