

## **Post-doctorat / poste de chercheur en séparation de sources acoustiques**

*Lieu* : TELECOM ParisTech, Paris, France

*Durée* : 1 an

*Début* : toute date à partir du 1<sup>er</sup> septembre 2017

*Salaires* : en fonction du parcours et de l'expérience

### **\*Description du poste\***

Le poste est financé par le projet DESIR, qui réunit l'Institut Langevin, l'ISAE (Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace), SAFRAN (Safran Tech et Safran Aircraft Engines), et Télécom ParisTech. L'objectif de ce projet est le monitoring vibro-acoustique des moteurs, par la recherche de signaux faibles sur données acoustiques, signalant la présence de défauts de roulements. Ce projet est sous-divisé en deux packages : le Package 1 (surveillance active), qui cherche à analyser les possibilités du retournement temporel sur un système mécanique simple, et le Package 2 (surveillance passive), qui vise à analyser les possibilités offertes avec des approches de traitement du signal multidimensionnel sur des signaux acoustiques prélevés sur un moteur turboréacteur. Au sein de ce projet, la participation de Télécom ParisTech porte sur la recherche et développement de techniques de traitement du signal (méthodes de séparation de sources et d'analyse spectrale). Elle s'inscrit dans le cadre du Package 2.

Les données à analyser sont des signaux issus de capteurs acoustiques (ou de capteurs de vibrations / accéléromètres) placés sur le moteur, ou à proximité. Il est également envisagé de traiter des signaux acoustiques captés notamment par les microphones de téléphones portables intelligents (smartphones) situés dans l'habitacle des avions, ou encore par des capteurs placés sur le tarmac des aéroports.

### **Problème à traiter**

Afin de détecter la présence ou non de défauts dans certains éléments du moteur, nous proposons d'utiliser des méthodes de traitement du signal spécifiques au problème de « séparation de sources ». En effet, ces méthodes permettront d'extraire les signaux émis par chaque élément du moteur, à partir de l'observation de mélanges de ces signaux sur plusieurs capteurs. Or la signature fréquentielle des signaux sources est connue, en présence et en l'absence de défauts, ce qui permettra de réaliser la détection.

Le problème classique de séparation de sources consiste à séparer  $J$  signaux sources à partir de l'observation de  $I$  mélanges de ces signaux. Les techniques à mettre en œuvre dépendent des hypothèses faites d'une part sur les signaux sources : sources statistiquement indépendantes / non indépendantes, processus IID (indépendants et identiquement distribués) / non IID, processus gaussiens / non gaussiens, et d'autre part sur le type de mélange : (sur-)déterminé ( $I \geq J$ ) / sous-déterminé ( $I < J$ ), linéaire / non linéaire, instantané / convolutif / non convolutif. Les techniques de séparation les plus populaires visent à séparer de manière aveugle des mélanges déterminés, linéaires et instantanés, de signaux sources indépendants, qui sont soit IID et non gaussiens, soit non IID et gaussiens. Ces techniques sont basées sur l'analyse en composantes indépendantes, ou encore ICA (independent component analysis) [Cardoso 98].

Dans le cadre du projet DESIR, les sources de bruit dans un moteur à réaction sont les soufflantes (fan), les arbres d'entraînement, les chambres de combustion et les boîtiers d'accessoires, encore appelés AGB (accessory gearbox). Ces sources ne sont malheureusement pas indépendantes, car elles sont toutes liées mécaniquement, via la chambre combustion. Il faut donc s'attendre à ce que les techniques d'ICA aient des performances limitées dans ce type de configuration. Par ailleurs, le mélange est bien linéaire, mais il n'est pas instantané, en raison du temps de propagation des ondes

acoustiques. En théorie, la propagation d'une onde acoustique d'un point à un autre de l'espace est de type convolutif, mais ici, les sources n'étant pas ponctuelles, le mélange ne pourra vraisemblablement pas être modélisé précisément par un produit de convolution. Enfin, puisque le nombre de capteurs qu'il est possible d'utiliser n'est pas contraint, il est préférable de se placer dans le contexte favorable d'un mélange (sur-)déterminé (plus de capteurs que de sources).

En résumé, les mélanges à traiter seront (sur-)déterminés, linéaires mais a priori non convolutifs, et les sources sont non statistiquement indépendantes. De par la difficulté de ce problème de séparation, le modèle probabiliste de signaux sources devra être choisi avec soin, de manière à exploiter toute information a priori qui serait disponible sur ces signaux. Par exemple, il est connu que les modèles non-gaussiens offrent une plus grande robustesse que les modèles gaussiens [Liutkus 15]. Par ailleurs il sera judicieux, plutôt que d'utiliser un modèle de processus IID ne portant aucune information sur les sources, d'exploiter au contraire la dynamique des signaux sources dans le domaine temps-fréquence. Par exemple, il a été observé que dans un moteur à réaction les sources occupent des bandes de fréquences différentes, parfois disjointes. De plus, certaines sources sont harmoniques, et peuvent avoir des fréquences fondamentales différentes. Ainsi les sources liées aux engrenages sont périodiques, alors que d'autres sources ont un caractère aléatoire, cyclo-stationnaire [Gardner 06] (par exemple, les défauts de roulement sont cyclo-stationnaires à l'ordre 2).

Enfin, le problème de séparation de sources est voisin de celui de la localisation de ces sources dans l'espace. Ainsi, il sera possible d'exploiter la connaissance de la localisation spatiale des sources quand celle-ci est disponible, à l'aide par exemple de méthodes de type formation de voies (beamforming) [Van Veen 88], ou de chercher à résoudre conjointement les deux problèmes de séparation et de localisation des sources.

## Découpage du projet

La première phase du projet consistera à analyser les données disponibles, afin de définir des modèles de signaux sources et de mélanges adéquats. En particulier, il sera possible d'estimer la périodicité, le spectre ou encore la cyclo-stationnarité des signaux, et de mesurer les fonctions de transfert des mélanges. La seconde phase du projet portera sur les méthodes de séparation de sources proprement dites. On testera ainsi plusieurs méthodes existantes afin d'étudier leurs performances dans ce contexte ainsi que leurs limites, et on proposera une ou plusieurs méthodes dédiées, basées sur les résultats de la première phase, qui seront développées et évaluées sur des données synthétiques et réelles, en termes de performance de séparation et de coût de calcul.

### \*TELECOM ParisTech\*

TELECOM ParisTech est la principale école d'ingénieurs de l'Institut Mines-Télécom, avec plus de 160 enseignants-chercheurs et plus de 250 élèves en formation d'ingénieur, 50 doctorants et 150 étudiants en masters spécialisés, diplômés chaque année. Le **groupe de recherche Signal, Statistiques et Apprentissage (S2A)** dirigé par le Prof. Stéphane Cléménçon rassemble 20 membres permanents, 15 post-doctorants et 34 doctorants. Dans le thème de recherche **Traitement du Signal et Analyse de Données Audio**, coordonné par le Dr. Slim Essid, le groupe a développé une forte expertise en séparation de sources, indexation, compression audio 3D, déréverbération/débruitage...

Plus d'informations à l'adresse <http://www.tsi.telecom-paristech.fr/aaol/>.

## Profil du candidat

Les conditions exigées pour ce poste sont les suivantes :

- un doctorat en traitement du signal audio ou multimédia, acoustique, traitement de parole, statistiques, apprentissage automatique, informatique, électrotechnique, ou toute discipline apparentée.
- des connaissances en traitement du signal audio ;
- la maîtrise des langages Matlab et C/C++.

Idéalement le candidat aura également :

- une connaissance approfondie des techniques de séparation de sources et de traitement statistique du signal ;
- la capacité de travailler dans un environnement collaboratif avec plusieurs partenaires ;
- de bonnes aptitudes de communication en anglais.

### **Contacts**

Les candidats intéressés peuvent contacter Gaël Richard ou Roland Badeau pour plus d'informations, ou directement adresser par courriel une lettre de candidature incluant un Curriculum Vitae, une liste de publications et une description des centres d'intérêts en recherche.

- Gaël Richard ([Gael.Richard@Telecom-Paristech.fr](mailto:Gael.Richard@Telecom-Paristech.fr)) ; +33 1 45 81 73 65
- Roland Badeau ([Roland.Badeau@Telecom-ParisTech.fr](mailto:Roland.Badeau@Telecom-ParisTech.fr))

### **Références**

[Cardoso 98] J. F. Cardoso, "Blind signal separation: statistical principles," in Proceedings of the IEEE, vol. 86, no. 10, pp. 2009-2025, Oct 1998.

[Liutkus 15] A. Liutkus and R. Badeau, "Generalized Wiener filtering with fractional power spectrograms," 2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), South Brisbane, QLD, 2015, pp. 266-270.

[Gardner 06] W. A. Gardner, A. Napolitano, L. Paura, "Cyclostationarity: Half a century of research", Signal Processing, Volume 86, Issue 4, April 2006, Pages 639-697

[Van Veen 88] B. D. Van Veen and K. M. Buckley, "Beamforming: a versatile approach to spatial filtering," in IEEE ASSP Magazine, vol. 5, no. 2, pp. 4-24, April 1988.