

## Offre de stage de Master 2 (6 mois)

# Apport des méthodes de séparation aveugle de sources pour l'analyse de « boîtes noires aéronautiques » dans des scénarios spécifiques

### Mots clés :

*Cockpit Voice Recorder* ; sons ; parole ; séparation aveugle de sources ; mélanges dynamiques ; mélanges saturés ; codage audio

### Description :

Les avions civils et étatiques sont équipés de deux enregistreurs de vol (aussi connus sous le nom de « boîtes noires »), c.-à-d. le *Cockpit Voice Recorder* (CVR) et le *Flight Data Recorder*. En cas d'incident ou d'accident, tous deux doivent être retrouvés et analysés par les autorités compétentes. Le service audio du BEA (Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile) et RESEDA sont les autorités françaises en charge des analyses des CVR des avions respectivement civils et étatiques. Les CVR sont des équipements renforcés protégeant une information importante pour la détermination des facteurs contributifs à la survenue d'un accident ou d'un incident aérien. Pour cette raison la qualité audio des enregistrements, l'audibilité des alarmes du cockpit et l'intelligibilité des échanges vocaux sont cruciales pour les enquêteurs du BEA et RESEDA. Les contenus des CVR sont alors transcrits par des enquêteurs spécialisés (analystes audio) pour les bénéfices de l'enquête de sécurité (Fig. 1).

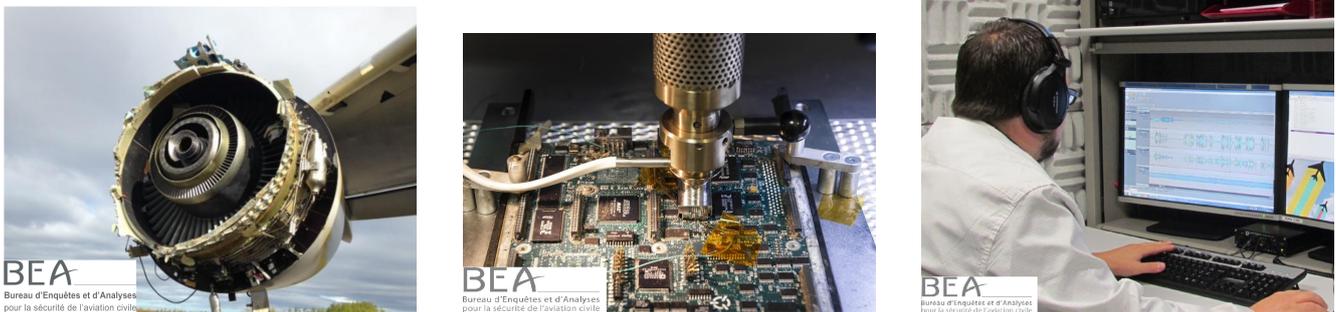


FIGURE 1 – Après un incident ou accident d'avion civil (image à gauche), le CVR est ouvert (image au milieu) et un analyste audio transcrit son contenu (image à droite). Source : [1].

Les limitations de conception des CVR contraignent les constructeurs d'avion à mélanger les sources sonores audibles dans le cockpit et dans les casques des pilotes (émissions et réceptions radio, échanges sur l'intercom, annonces aux passagers, alarmes sonores, etc) en un nombre réduit de canaux audio envoyés vers le CVR [1], qui en fait une acquisition numérique et protège cette donnée en cas d'accident. Ainsi l'activation simultanée de plusieurs sources sonores peut conduire à une réduction significative de l'intelligibilité des échanges vocaux, voire un masquage complet d'une ou de plusieurs sources audio.

L'extraction d'informations dans les données CVR s'appuie sur l'expérience des analystes audio du BEA/RESEDA et sur leur capacité à détecter des sources sonores enfouies dans des mélanges audio difficiles [2]. Dans nos récents travaux [1], nous avons proposé un modèle de mélange audio dans les CVR par rétro-ingénierie (voir fig. 2) et nous avons montré que les méthodes de la littérature de séparation de sources (SAS) pouvaient être appliquées. La SAS cherche à estimer un ensemble de signaux inconnus à partir de mélanges de ceux-ci, le mélange étant lui-aussi inconnu [3]. Même si les résultats obtenus dans [1] sont intéressants, nous avons identifié plusieurs scénarios pour lesquels nous n'avons pas encore pu évaluer l'apport de méthodes de SAS.

1. Tout d'abord, nous avons identifié des scénarios dans lesquels les paramètres de mélange des sources peuvent évoluer au cours du temps. Il devient alors nécessaire d'analyser l'apport de méthodes adaptatives de SAS, qui estiment en continu les paramètres de mélange.

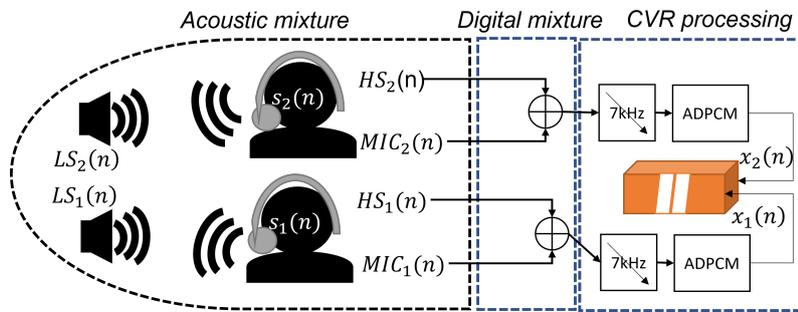


FIGURE 2 – Processus de mélange dans le CVR. Source : [1].

2. Nous avons aussi identifié des cas où le modèle proposé dans [1] n'est plus valide, soit à cause d'effets de saturation des canaux audio dus au système audio avionique, soit à cause d'effets de codage avec perte dus à un modèle de CVR particulier.

Ces différents effets ont pu être étudié séparément dans la littérature – par exemple [4] pour les mélanges dynamiques dans le temps, [5, 6] pour le déclippage audio ou [7] pour les effets de codage – mais jamais à notre connaissance pour les signaux CVR.

### Contexte du stage :

Ce stage est financé par l'ANR ASTRID « BLERIOT » qui va débuter (janv. 2025 – déc. 2027). Le consortium de BLERIOT est un groupe équilibré de laboratoires de recherche (IRIT à Toulouse, LISIC à Longuenesse) et de bureaux d'enquête de sécurité civil et étatique (BEA, RESEDA, tous deux situés en région parisienne).

Le stage aura lieu dans la nouvelle antenne du LISIC à Longuenesse, qui compte actuellement 7 enseignant-chercheurs permanents, 1 chercheur post-doctorant et 5 doctorants (un sixième doctorant sera recruté en parallèle du stage). Une grosse partie de l'équipe travaille sur des problématiques de type SAS et le ou la stagiaire recruté(e) pourra interagir avec l'ensemble de l'équipe. Le laboratoire est situé en plein cœur du Parc Naturel Régional « Caps et Marais d'Opale », à proximité de Lille, l'Angleterre, la Belgique et l'Europe du Nord. Ses locaux à Longuenesse sont à côté de la résidence universitaire du CROUS et proche de toutes les commodités (tout peut être réalisé à pied ou en bus). L'équipe pédagogique peut aussi mettre en contact le ou la stagiaire recruté(e) avec les loueurs privés.

### Candidatures :

Etudiant en sciences de données (traitement du signal et des images, informatique avec un focus autour de l'intelligence artificielle / apprentissage automatique, mathématiques appliquées), vous êtes curieux et très à l'aise en programmation (Matlab et/ou Python). Vous lisez et parlez l'anglais courant sans difficulté. Vous êtes capables d'expliquer clairement vos travaux, même à des publics non-experts. Bien que non requis, une première expérience en factorisation matricielle (par exemple, en décomposition matricielle ou tensorielle, en séparation de sources, en apprentissage de dictionnaire) sera appréciée. **Les candidats doivent être de nationalité française ou citoyens d'un état membre de l'Union Européenne, d'un état faisant parti de l'Espace Economique Européen ou de la Confédération Suisse.**

Pour candidater, merci d'envoyer un mail à {matthieu.puigt, gilles.delmaire, gilles.rousseau} [at] univ-littoral.fr en y annexant les documents pouvant supporter votre candidature :

- CV ;
- Lettre de motivation ;
- Relevés de notes depuis la Licence 3 ;
- deux lettres de recommandation ou les noms et moyens de contact de deux référents académiques.

### Références

- [1] Matthieu Puigt, Benjamin Bigot, and Hélène Devulder. Introducing the “cockpit party problem” : Blind source separation enhances aircraft cockpit speech transcription. *Journal of the Audio Engineering Society*, to appear.
- [2] BEA. [Guide sur la vérification des enregistrements CVR.](#)
- [3] Pierre Comon and Christian Jutten, editors. *Handbook of Blind Source Separation : Independent Component Analysis and Applications*. Elsevier, 2010.
- [4] Paris Smaragdis, Cedric Fevotte, Gautham J Mysore, Nasser Mohammadiha, and Matthew Hoffman. Static and dynamic source separation using nonnegative factorizations : A unified view. *IEEE Signal Process. Mag.*, 31(3) :66–75, 2014.
- [5] Amir Adler, Valentin Emiya, Maria G Jafari, Michael Elad, Rémi Gribonval, and Mark D Plumbley. Audio inpainting. *IEEE Audio, Speech, Language Process.*, 20(3) :922–932, 2011.

- [6] Çağdaş Bilen, Alexey Ozerov, and Patrick Pérez. Joint audio inpainting and source separation. In *International Conference on Latent Variable Analysis and Signal Separation*, pages 251–258. Springer, 2015.
- [7] Matthieu Puigt, Emmanuel Vincent, Yannick Deville, Anthony Griffin, and Athanasios Mouchtaris. Effects of audio coding on ICA : an experimental study. In *Proceedings of the 11th IEEE International Workshop on Electronics, Control, Modelling, Measurement, Signals, and their application to Mechatronics (ECMSM 2013)*, Toulouse, France, June 24–26, 2013.