

# De la séparation à l'annulation aveugle de sources : Application karaoké

Alexis Capoen<sup>1,2</sup>, Benjamin Nigon<sup>3,2</sup> et Matthieu Puigt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Collège Forain François Verdier, 31490 Léguevin, France

<sup>2</sup>Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes, Université de Toulouse, CNRS, 14 Av. E. Belin, 31400 Toulouse, France

<sup>3</sup> Collège Jean Lacaze, 82170 Grisolles, France

Dans cet article, nous allons présenter les résultats de séparation de sources à partir de mélanges issus de chansons. Suivant les sources et les mélanges que nous avons initialement, les résultats obtenus sont étonnants !

**Mots Clés**— séparation de sources, musique, karaoké.

## I. INTRODUCTION

LA SEPARATION AVEUGLE DE SOURCES consiste à séparer un ensemble de sources inconnues à partir de plusieurs mélanges de ces sources, le mélange étant lui aussi inconnu. Ces méthodes sont dites « génériques » et permettent un grand nombre d'applications [1] comme l'acoustique, le biomédical, les télécommunications, l'astrophysique ou la finance.

Dans le cas particulier où le nombre de sources est plus petit que le nombre de mélanges, notre équipe a proposé d'annuler les sources plutôt que de les séparer [2]. Pour des signaux issus d'un CD du commerce, mis à part quand des effets de réverbération sont rajoutés, nous pouvons supprimer une source (chant, instrument de musique) à partir des sorties gauche et droite de la chaîne stéréo.

Dans cet article, nous allons montrer que notre méthode LI-TIFROM-S [3,4] (<http://www.ast.obs-mip.fr/li-tifrom>) peut annuler la partie principale d'une source mais laisse l'effet de réverbération s'il est présent. Enfin, nous concluons et présenterons les perspectives de ces travaux.

## II. TESTS SUR LA MUSIQUE

### A. Mélanges à traiter

Dans ce document, nous proposons de tester la méthode LI-TIFROM-S sur des extraits de 10 s de certaines chansons. A. Capoen et B. Nigon apportent leur expertise en tant que

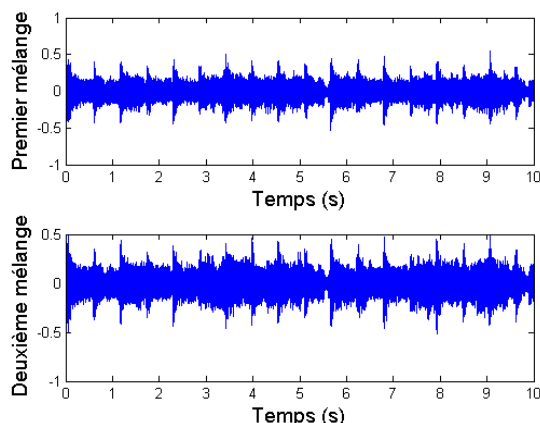


Fig. 1. Extrait de la chanson de AC-DC

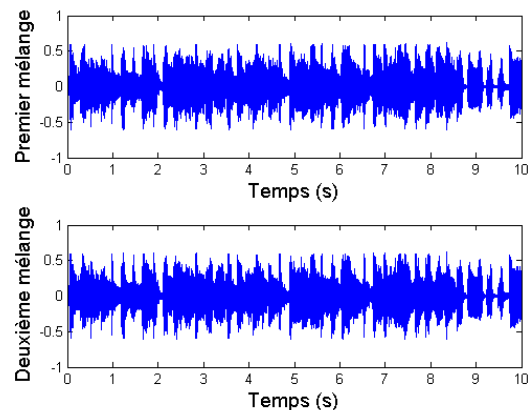


Fig. 2. Extrait de la chanson de Renan Luce

spécialistes de la musique. Les extraits et les signaux obtenus peuvent être écoutés à :

<http://www.ast.obs-mip.fr/article806.html>

Les chansons testées sont :

- *Hells Bells* par AC-DC,
- *La lettre* par Renan Luce.

#### 1) *Chanson de AC-DC*

Dans cet extrait (figure 1), nous entendons les sources suivantes :

1. la voix du chanteur,
2. une guitare électrique,
3. la basse,
4. la batterie.

#### 2) *Chanson de Renan Luce*

Cet extrait, visible sur la figure 2, contient :

1. la voix du chanteur,
2. une guitare folk,
3. une batterie.

### B. Résultats obtenus

#### 1) *Chanson de AC-DC*

Cet extrait est intéressant car nous avons supprimé la voix, la basse et la batterie (à des effets audiophoniques près pour ces instruments). Nous récupérons donc une version où on entend principalement la guitare, comme on peut le voir sur la figure 3.

#### 2) *Chanson de Renan Luce*

Sur cet extrait, nous avons réalisé une annulation de la voix

du chanteur et obtenons ainsi une application karaoké (voir figure 4). Notons qu'une partie de la batterie a elle-aussi été supprimée (grosse caisse). Enfin, on peut entendre des effets sonores rajoutés sur la voix de Renan Luce lors de l'enregistrement et du mixage de la chanson.

### III. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons étudié les capacités d'une méthode de séparation de sources à annuler une source dans des mélanges musicaux. Nous avons remarqué que la méthode LI-TIFROM-S est vraiment adaptée aux signaux de musique. A l'avenir, nous aimerions réaliser de la séparation complète plutôt que de l'annulation de sources, dans le cas étudié où les sources sont plus nombreuses que les mélanges. Enfin, nous aimerions pouvoir traiter les effets d'écho présents dans certains extraits étudiés.

- [1] Y. Deville, "Application des méthodes de séparation aveugle de sources", chapitre 13 du livre *Séparation de sources, tome 2*, sous la direction de P. Comon et C. Jutten. Collection Traité IC2, Lavoisier, Hermès, Paris, France, 2007.
- [2] F. Abrard and Y. Deville, "A time-frequency blind signal separation method applicable to underdetermined mixtures of dependent sources", dans *Signal Processing*, 85(7):1389-1403, juillet 2005.
- [3] Y. Deville, M. Puigt et B. Albouy, "Time-frequency blind signal separation: extended methods, performance evaluation for speech sources", Actes de *IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2004)*, pp. 255-260, Budapest, Hongrie, 25-29 juillet 2004.
- [4] M. Puigt and Y. Deville, "Time-frequency ratio-based blind separation methods for attenuated and time-delayed sources", Section 3: "Summary of the TIFROM method for linear instantaneous mixtures", dans *Mechanical Systems and Signal Processing*, 19(6):1348-1379, novembre 2005.

**Alexis Capoen** est né le 23 septembre 1994, à Toulouse, France. Il a d'abord suivi ses études maternelles et primaires à l'école de Brax. Il est depuis septembre 2005 au Collège Forain François Verdier, à Léguevin. En janvier 2009, il effectue un stage au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où il étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources et leurs applications dans le domaine audiophonique.

**Benjamin Nigon** est née le 15 novembre 1995 à Clermont Ferrand, France. Il a commencé sa scolarité à l'école maternelle de Salini puis à l'école maternelle de Foëcy. Il poursuit à l'école primaire de Foëcy durant les trois premières années, puis finit ce cursus à Pompignan. Il étudie au collège Jean Lacaze, depuis septembre 2006. En janvier 2009, il effectue un stage au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où il étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources et leurs applications dans le domaine audiophonique.

**Matthieu Puigt** est né le 6 septembre 1980, à Perpignan, France. Il a d'abord étudié les mathématiques à l'Université de Perpignan où il a obtenu une Maîtrise d'Ingénierie Mathématiques en 2002. Il a ensuite étudié le Traitement du Signal et a obtenu le DEA Signal, Image et Acoustique de l'Université de Toulouse en 2003. De septembre 2003 à septembre 2004, il a travaillé au Laboratoire d'Acoustique, Métrologie et Instrumentation de Toulouse avant d'effectuer une thèse en Traitement du Signal au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes. Ayant obtenu le grade de Docteur es-Sciences de l'Université de Toulouse en décembre 2007, il est aujourd'hui Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université de Toulouse.

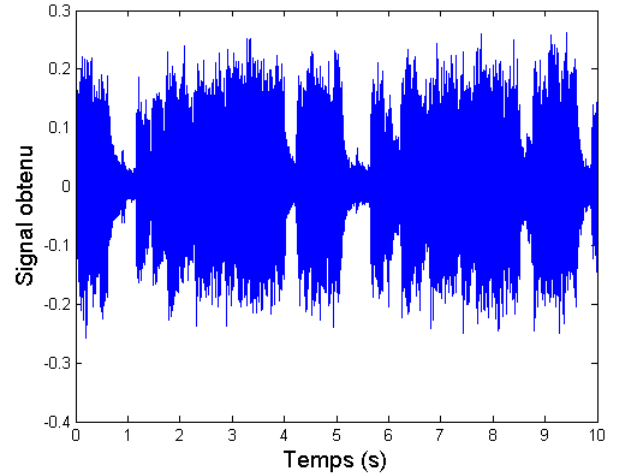


Fig. 3. Signal obtenu sur la chanson de AC-DC

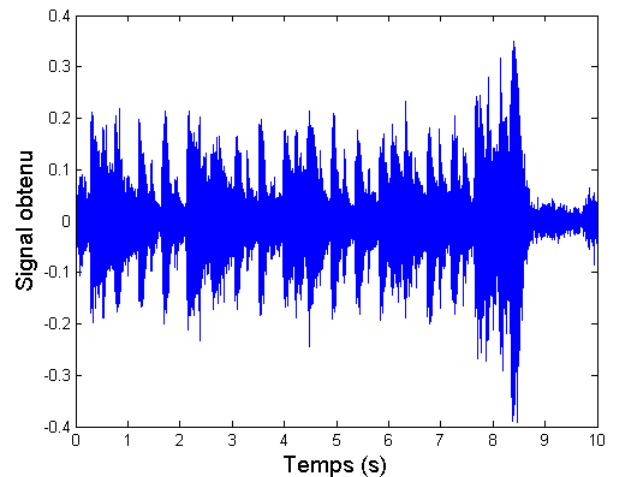


Fig. 4. Signal obtenu sur la chanson de Renan Luce

# Séparation aveugle de sources musicales et astrophysiques

Clément Berkouk<sup>1,2</sup>, Antoine Grandjean<sup>3,2</sup>, Kévin Touchet<sup>4,2</sup> et Matthieu Puigt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Collège René Cassin, 31650 St Orens de Gameville

<sup>2</sup>Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes, Université de Toulouse, CNRS, 14 Av. E. Belin, 31400, Toulouse, France

<sup>3</sup>Collège Jean-Paul Laurens, 31450 Ayguesvives

<sup>4</sup>Lycée Pablo Picasso, 66000 Perpignan

**Dans cet article, nous allons présenter les résultats de séparation de sources à partir de mélanges issus de chansons ou de spectres astrophysiques. Suivant les sources et les mélanges que nous avons initialement, les résultats obtenus sont étonnants !**

**Mots Clés**— séparation de sources, musique, astrophysique, spectres.

## I. INTRODUCTION

LA SEPARATION AVEUGLE DE SOURCES consiste à séparer un ensemble de sources inconnues à partir de plusieurs mélanges de ces sources, le mélange étant lui aussi inconnu. Ces méthodes sont « génériques » et permettent un grand nombre d'applications [1] comme l'acoustique, le biomédical, les télécommunications, l'astrophysique ou la finance.

Dans le cas particulier où le nombre de sources est plus petit que le nombre de mélanges, notre équipe a proposé d'annuler les sources plutôt que de les séparer [2]. Pour des signaux musicaux issus d'un CD du commerce, mis à part quand des effets de réverbération sont rajoutés, nous pouvons supprimer, à partir des mélanges (les sorties gauche et droite de la chaîne stéréo), une source (chant, instrument de musique).

Comme indiqué ci-dessus, la séparation aveugle de sources permet aussi de traiter des signaux issus de l'astrophysique. En particulier, nous verrons que la méthode LI-TIFCORR-C [3] permet d'aider les astrophysiciens à connaître les populations chimiques situées dans des nuages de poussières.

Dans la première partie de notre article, nous allons présenter les tests effectués sur des signaux musicaux. Dans la seconde partie, nous allons montrer l'apport de notre méthode sur des signaux astrophysique. Enfin, nous concluons et présenterons les perspectives de ces travaux.

## II. TESTS SUR LA MUSIQUE

### A. Mélanges à traiter

Dans ce document, nous proposons de tester la méthode LI-TIFCORR-C [3] sur des extraits de 10 s de certaines chansons. Clément Berkouk, Antoine Grandjean et Kévin Touchet apportent leur expertise en tant que spécialistes de la musique. Les extraits et les signaux obtenus peuvent être écoutés à l'url suivante :

<http://www.ast.obs-mip.fr/article791.html>

Les chansons testées sont :

- *Give Love* par Tristan Garner
- *Viva la Vida* par Coldplay
- *Moskau* par Rammstein

#### 1) *Chanson de Tristan Garner*

Dans les deux extraits de *Give Love*, visibles sur les figures 1 et 2, nous avons entendu les sources suivantes :

1. la voix du chanteur,
2. une basse,
3. un clavier,
4. une boîte à rythmes.

#### 2) *Chanson de Coldplay*

Dans cet extrait, nous avons une partie avec la voix du chanteur et une autre instrumentale. Nous entendons les sources suivantes :

1. la voix du chanteur,

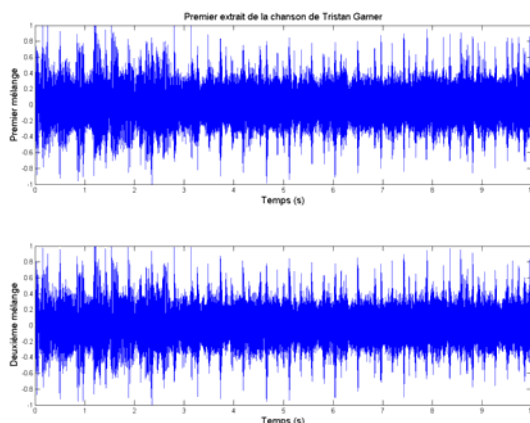


Fig. 1. Premier extrait de la chanson de Tristan Garner

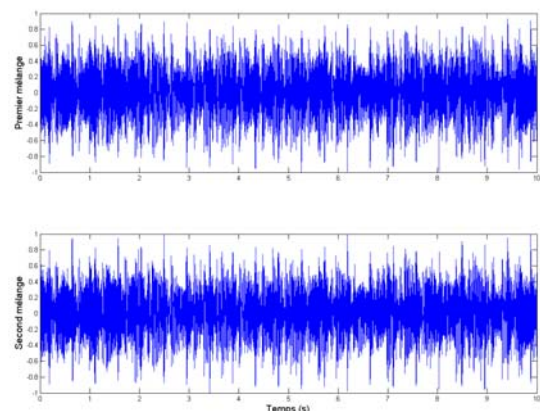


Fig. 2. Deuxième extrait de la chanson de Tristan Garner

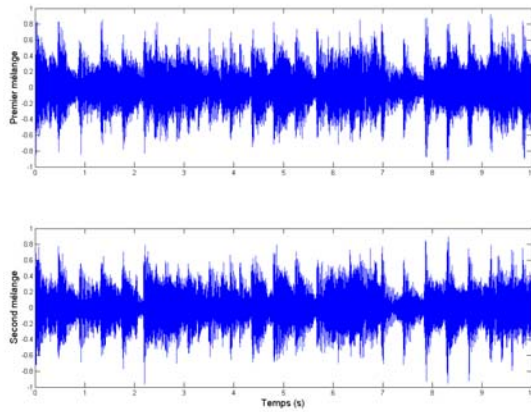


Fig. 3. Extrait de la chanson de Coldplay

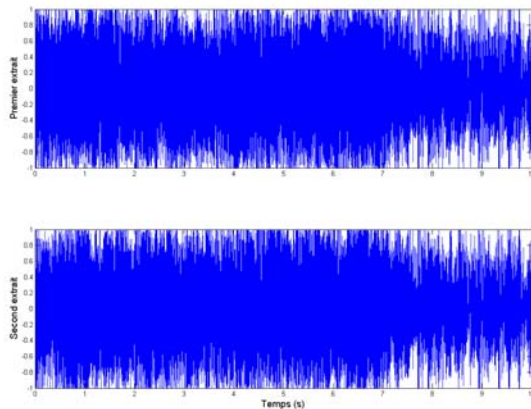


Fig. 4. Extrait de la chanson de Rammstein

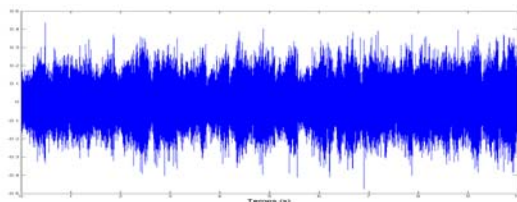


Fig. 5. Signal obtenu sur le premier extrait de la chanson de Tristan Garner.

2. des cordes,
3. un instrument à vent.

La figure 3 montre les mélanges à traiter.

### 3) Chanson de Rammstein

Cet extrait de Rammstein contient les sources suivantes :

1. la voix des deux chanteurs,
2. un guitare électrique,
3. la basse,
4. la batterie,
5. des nappes de synthé (sur la fin de l'extrait).

La figure 4 montre les mélanges à traiter.

## B. Résultats obtenus

### 1) Chanson de Tristan Garner

Le premier extrait est intéressant car nous avons supprimé à la fois la boîte à rythmes, la basse et une bonne partie de la voix. Dans le second extrait, nous avons fortement diminué la boîte à rythmes et nous avons supprimé la basse. Ces signaux

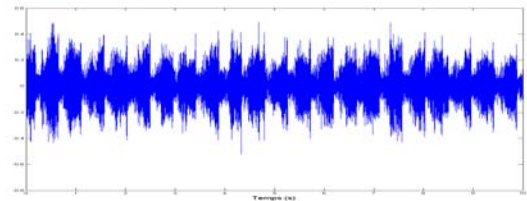


Fig. 6. Signal obtenu sur le second extrait de la chanson de Tristan Garner.

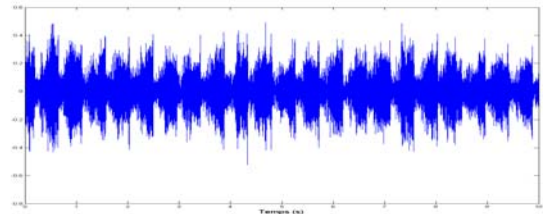


Fig. 7. Signal sans chant obtenu pour l'extrait de la chanson de Coldplay.

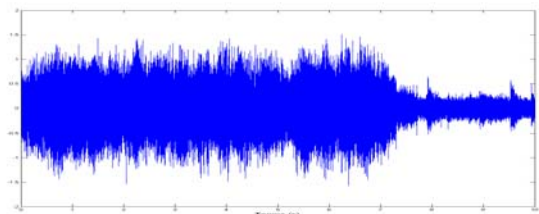


Fig. 8. Signal sans chant obtenu pour l'extrait de la chanson de Rammstein.

obtenus sont respectivement visibles sur les figures 5 et 6.

### 2) Chanson de Coldplay

Sur cet extrait, nous avons réalisé une annulation de la voix du chanteur et obtenons ainsi une application karaoké (voir figure 7).

### 3) Chanson de Rammstein

Ici encore, nous avons pu supprimer la voix des chanteurs (voir figure 8). Ce qui est très intéressant ici est que l'on peut entendre les effets d'écho de la chanteuse, effets dont nous ne tenons pas compte dans notre modèle de mélange.

## C. Conclusion

Nous avons testé dans cette partie de l'article une méthode de séparation aveugle de sources sur des signaux de musique. Nous avons, dans chaque sortie, supprimé une source. En particulier, quand nous supprimons la voix, nous obtenons une version karaoké des chansons. La méthode testée est donc bien adaptée pour traiter ces signaux.

## III. SIGNAUX ASTROPHYSIQUES

Les régions de notre galaxie situées entre les étoiles sont regroupées sous l'appellation de milieu interstellaire (MIS). Bien que ce milieu soit généralement très dilué, on y trouve de la matière qui a été enrichie par les éjections des étoiles en fin de vie (géantes rouges ou supernovae). Cette matière n'est pas répartie uniformément dans le MIS mais concentrée dans des nuages de gaz et de petits grains de poussière. Ces nuages présentent la particularité d'absorber la lumière émise par les





Fig. 9. Photo de la nébuleuse NGC 7023.

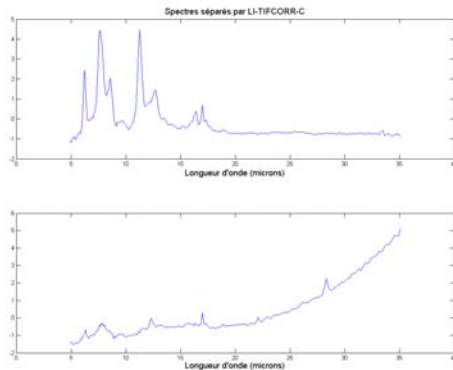


Fig. 10. Spectres obtenus après séparation.

étoiles environnantes dans l'ultraviolet pour en réémettre une partie dans l'infrarouge. L'observation de cette réémission<sup>1</sup> dans l'infrarouge pousse à penser [4] à la cohabitation de plusieurs populations chimiques appelées "grains".

De nombreux travaux, dont ceux d'Olivier Berné *et al.* [5], étudient la présence de telles populations chimiques. En pratique, plusieurs molécules sont présentes dans ces nuages et les spectres observés sont donc des mélanges des spectres de chacune de ces molécules. Olivier Berné *et al.* proposent d'utiliser des méthodes de séparation aveugle de sources pour séparer ces spectres. Nous proposons d'utiliser LI-TIFCORR-C afin de vérifier qu'elle est elle aussi capable de séparer les populations chimiques.

L'objet observé est la nébuleuse NGC 7023, dont une photo est visible dans la figure 9. Dans cet objet, on s'attend à n'observer que deux populations chimiques.

Il faut savoir que la méthode LI-TIFCORR-C [3] n'est pas vraiment adaptée à ces signaux astrophysiques. Néanmoins, en modifiant ses paramètres, il est possible de séparer complètement les spectres des composés chimiques initiaux, comme on peut le voir sur la figure 8.

Nous constatons donc que notre méthode est capable elle-même de séparer de tels spectres. Ces spectres séparés seront ensuite le point de départ de travaux d'astrophysiciens qui

essaieront d'expliquer la naissance des étoiles et la physique et la chimie des galaxies.

#### IV. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons étudié les capacités d'une méthode de séparation de sources à séparer des mélanges musicaux et astrophysiques. Nous avons remarqué que la méthode LI-TIFCORR-C est vraiment adaptée aux signaux de musique et peut séparer des spectres astrophysiques. A l'avenir, nous aimerions réaliser de la séparation sur des images astrophysiques.

- [1] Y. Deville, "Application des méthodes de séparation aveugle de sources", chapitre 13 du livre *Séparation de sources, tome 2*, sous la direction de P. Comon et C. Jutten. Collection Traité IC2, Lavoisier, Hermès, Paris, France, 2007.
- [2] F. Abrard and Y. Deville, "A time-frequency blind signal separation method applicable to underdetermined mixtures of dependent sources", dans *Signal Processing*, 85(7):1389-1403, juillet 2005.
- [3] Y. Deville et M. Puigt, "Temporal and time-frequency correlation-based blind source separation methods. Part I: Determined and underdetermined linear instantaneous mixtures", dans *Signal Processing*, 87(3):374-407, mars 2007.
- [4] A. Léger, L. d'Hendecourt et D. Défourneau, "Physics of IR emission by interstellar PAH molecules", dans *Astronomy & Astrophysics*, 216(1-2):148-164, juin 1989.
- [5] O. Berné, C. Joblin, Y. Deville, J. D. Smith, M. Rapaccioni, J. P. Bernard, J. Thomas, W. Reach et A. Abergel, "Analysis of the emission of very small dust particles from Spitzer spectro-imagery data using Blind Signal Separation methods", dans *Astronomy & Astrophysics*, 469(2):575-586, juillet 2007.

**Clément Berkouk** est né le 21 août 1994, à Toulouse, France. Il a d'abord suivi ses études à l'école maternelle puis à l'école primaire du Corail, à St Orens de Gameville, France. Il est depuis septembre 2004 au Collège René Cassin, à St Orens de Gameville. En novembre 2008, il effectue un stage au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où il étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources et leurs applications dans le domaine audio et astrophysique.

**Antoine Grandjean** est né le 6 août 1994 à Toulouse, France. Il a commencé sa scolarité à l'école maternelle et primaire de Lauzerville, France. Il a ensuite étudié au collège René Cassin pendant trois ans et est depuis septembre 2008 au collège Jean-Paul Laurens. En novembre 2008, il effectue un stage au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où il étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources et leurs applications dans le domaine audio et astrophysique.

**Kévin Touchet** est né le 15 octobre 1993 à Perpignan, France. Il a d'abord étudié à l'école maternelle à La Cabanasse, France. Il a beaucoup déménagé pendant les années qui ont suivi et a notamment étudié au collège François Mitterand, Toulouges, France. Depuis septembre 2008, il est au Lycée Pablo Picasso, Perpignan, France. En novembre 2008, il effectue un stage au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où il étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources et leurs applications dans le domaine audio et astrophysique.

**Matthieu Puigt** est né le 6 septembre 1980, à Perpignan, France. Il a d'abord étudié les mathématiques à l'Université de Perpignan où il a obtenu une Maîtrise d'Ingénierie Mathématiques en 2002. Il a ensuite étudié le Traitement du Signal et a obtenu le DEA Signal, Image et Acoustique de l'Université de Toulouse (France) en 2003. De septembre 2003 à septembre 2004, il a été vacataire au Laboratoire d'Acoustique, Métrologie et Instrumentation de Toulouse avant d'effectuer une thèse en Traitement du Signal au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes. Ayant obtenu le grade de Docteur es-Sciences de l'Université de Toulouse en décembre 2007, il est aujourd'hui Agent Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université de Toulouse.

<sup>1</sup> La réémission observée est en fait un spectre, c'est à dire une courbe correspondant aux composants chimiques présents.

# Application karaoké de la séparation aveugle de sources

Charlotte Perrier<sup>1,2</sup> et Matthieu Puigt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Collège Jules Verne, 31830, Plaisance du Touch, France

<sup>2</sup>Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes, Université de Toulouse, CNRS, 14 Av. E. Belin, 31400 Toulouse, France

Dans cet article, nous allons présenter les résultats de séparation de sources à partir de mélanges issus de chansons. Suivant les sources et les mélanges que nous avons initialement, les résultats obtenus sont étonnants !

*Mots Clés*— séparation de sources, musique, karaoké.

## I. INTRODUCTION

LA SEPARATION AVEUGLE DE SOURCES consiste à séparer un ensemble de sources inconnues à partir de plusieurs mélanges de ces sources, le mélange étant lui aussi inconnu. Ces méthodes sont dites « génériques » et permettent un grand nombre d'applications [1] comme l'acoustique, le biomédical, les télécommunications, l'astrophysique ou la finance.

Dans le cas particulier où le nombre de mélanges est plus petit que le nombre de sources, notre équipe a proposé de les annuler plutôt que de les séparer [2]. Pour des signaux issus d'un CD du commerce, mis à part quand des effets de réverbération sont rajoutés, nous pouvons supprimer une source (chant, instrument de musique) à partir des sorties gauche et droite de la chaîne stéréo.

Dans cet article, nous allons montrer que notre méthode LI-TIFROM-S [3,4] (<http://www.ast.obs-mip.fr/li-tifrom>) peut annuler la partie principale d'une source mais laisse l'effet de réverbération s'il est présent. Enfin, nous concluons et présenterons les perspectives de ces travaux.

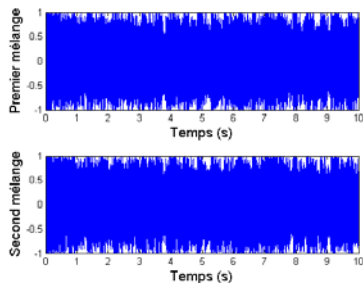


Fig. 1. Extrait de la chanson de Jonas Brother

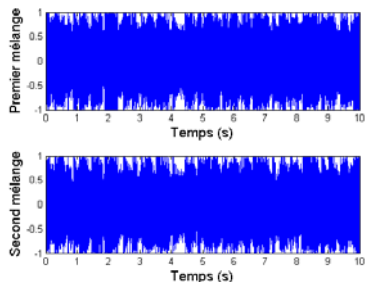


Fig. 2. Extrait de la chanson de Demi Lovato

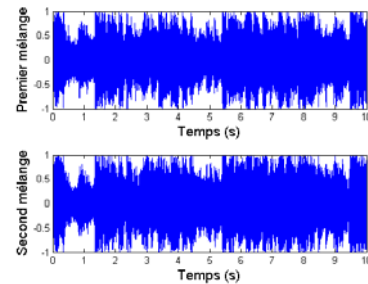


Fig. 3. Extrait de la chanson de Simple Plan

## II. TESTS SUR LA MUSIQUE

### A. Mélanges à traiter

Dans ce document, nous proposons de tester la méthode LI-TIFROM-S sur des extraits de 10 s de certaines chansons. C. PERRIER apporte son expertise en tant que spécialiste de la musique. Les extraits et les signaux obtenus peuvent être écoutés à :

<http://www.ast.obs-mip.fr/article822.html>

Les chansons testées sont :

- *SOS* par Jonas Brothers,
- *This Is Me* par Demi Lovato,
- *Too Late To Apologize* par Simple Plan.

#### 1) *Chanson de Jonas Brothers*

Cet extrait, visible sur la figure 1, contient :

1. la voix des chanteurs,
2. une batterie,
3. une guitare électrique,
4. une basse.

#### 2) *Chanson de Demi Lovato*

Dans cet extrait (figure 2), nous entendons les sources suivantes :

1. la voix de la chanteuse,
2. une guitare électrique,
3. une batterie.

#### 3) *Chanson de Simple Plan*

Cet extrait (voir figure 3) contient :

1. la voix du chanteur,
2. un piano,
3. des nappes de synthétiseur,
4. une boîte à rythmes,

5. une percussion pour relancer le refrain.

## B. Résultats obtenus

### 1) *Chanson de Jonas Brothers*

Cet extrait est intéressant car nous avons supprimé à la fois la basse et la batterie. Il reste donc le chant et la guitare auxquels s'ajoute parfois un bruit parasite (cf figure 4).

### 2) *Chanson de Demi Lovato*

Sur cet extrait, nous avons supprimé la batterie, à quelques artéfacts sur les cymbales près (voir figure 5). Il reste là aussi parfois un bruit parasite.

### 3) *Chanson de Simple Plan*

Sur cet extrait, nous avons à la fois supprimé la boîte à rythmes et la partie principale du chant (reste les effets de réverbérations rajoutés en studio). Nous obtenons donc une version « karaoké » de la chanson (voir figure 6).

## III. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons étudié les capacités d'une méthode de séparation de sources à annuler une source dans des mélanges musicaux. Nous avons remarqué que la méthode LI-TIFROM-S est vraiment adaptée aux signaux de musique. A l'avenir, nous aimerions réaliser de la séparation complète plutôt que de l'annulation de sources, dans le cas étudié où les sources sont plus nombreuses que les mélanges. Nous aimerions aussi pouvoir nous débarrasser des effets de « bruit parasite » que nous avons entendu sur deux des trois extraits. Enfin, nous aimerions pouvoir traiter les effets de réverbération présents dans le dernier extrait.

- [1] Y. Deville, "Application des méthodes de séparation aveugle de sources", chapitre 13 du livre *Séparation de sources, tome 2*, sous la direction de P. Comon et C. Jutten. Collection Traité IC2, Lavoisier, Hermès, Paris, France, 2007.
- [2] F. Abrard and Y. Deville, "A time-frequency blind signal separation method applicable to underdetermined mixtures of dependent sources", dans *Signal Processing*, 85(7):1389-1403, juillet 2005.
- [3] Y. Deville, M. Puigt et B. Albouy, "Time-frequency blind signal separation: extended methods, performance evaluation for speech sources", Actes de *IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2004)*, pp. 255-260, Budapest, Hongrie, juillet 2004.
- [4] M. Puigt and Y. Deville, "Time-frequency ratio-based blind separation methods for attenuated and time-delayed sources", Section 3: "Summary of the TIFROM method for linear instantaneous mixtures", dans *Mechanical Systems and Signal Processing*, 19(6):1348-1379, novembre 2005.

**Charlotte Perrier** est née le 24 décembre 1994, à Montpellier, France. Après son école maternelle à la Castelle à Montpellier, elle a commencé son primaire, dans la même école, jusqu'en moyenne section (CM1). Elle a ensuite déménagé sur Toulouse où elle a fini ce cycle à l'école primaire de Florence, Saint Martin du Touch. Depuis septembre 2005, elle étudie au collège Jules Verne, Plaisance du Touch. En mars 2009, elle effectue un stage d'observation au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où elle étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources.

**Matthieu Puigt** est né le 6 septembre 1980, à Perpignan, France. Il a d'abord étudié les mathématiques à l'Université de Perpignan où il a obtenu une Maîtrise d'Ingénierie Mathématiques en 2002. Il a ensuite étudié le Traitement du Signal et a obtenu le DEA Signal, Image et Acoustique de l'Université de

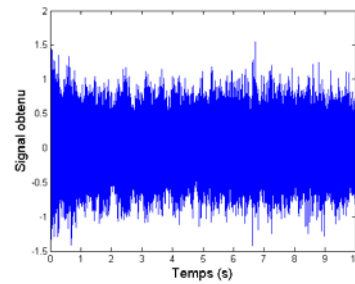


Fig. 4. Signal obtenu sur la chanson de Jonas Brother

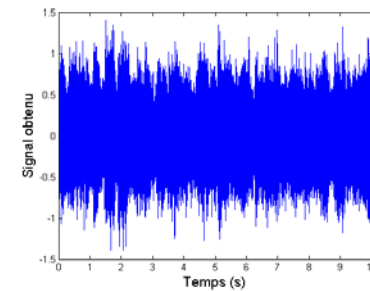


Fig. 5. Signal obtenu sur la chanson de Demi Lovato

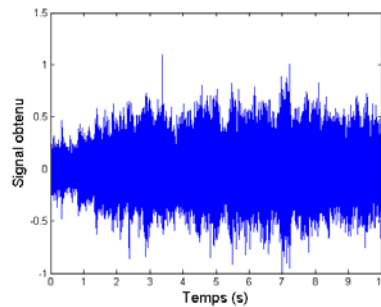


Fig. 6. Signal obtenu sur la chanson de Simple Plan

Toulouse en 2003. De septembre 2003 à septembre 2004, il a travaillé au Laboratoire d'Acoustique, Métrologie et Instrumentation de Toulouse avant d'effectuer une thèse en Traitement du Signal au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes. Ayant obtenu le grade de Docteur es-Sciences de l'Université de Toulouse en décembre 2007, il est aujourd'hui Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université de Toulouse.

# Application « karaoké » de la séparation aveugle de sources

Marion Huysman<sup>1,2</sup> et Matthieu Puigt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Collège René Forgues, 64121 Serres-Castet, France

<sup>2</sup>Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes, Université de Toulouse, CNRS, 14 Av. E. Belin, 31400, Toulouse, France

Dans cet article, nous allons présenter les résultats de séparation de sources à partir de mélanges issus de chansons. Suivant les sources et les mélanges que nous avons initialement, les résultats obtenus sont étonnants !

**Mots Clés**— séparation de sources, musique.

## I. INTRODUCTION

LA SEPARATION AVEUGLE DE SOURCES consiste à séparer un ensemble de sources inconnues à partir de plusieurs mélanges de ces sources, le mélange étant lui-aussi inconnu. Ces méthodes sont des méthodes « génériques » qui permettent un grand nombre d'applications [1] comme l'acoustique, le bio-médical, les télécommunications, l'astrophysique ou la finance.

Dans le cas particulier où le nombre de sources est plus petit que le nombre de mélanges, notre équipe a proposé d'annuler les sources plutôt que de les séparer [2]. Pour des signaux musicaux issus d'un CD du commerce, mis à part quand des effets de réverbération sont rajoutés, nous pouvons supprimer, à partir des mélanges (les sorties gauche et droite de la chaîne stéréo), une source (chant, instrument de musique).

Dans cet article, nous allons montrer que notre méthode, nommée LI-TIFROM-S [3,4], peut quand même annuler la partie principale d'une source mais laisse l'effet de réverbération (ou écho). Enfin, nous concluons et présenterons les perspectives de ces travaux.

## II. TESTS SUR LA MUSIQUE

### A. Mélanges à traiter

Dans ce document, nous proposons de tester une méthode, nommée LI-TIFROM-S [3,4], développée au LATT, sur des chansons. M. Huysman apporte son expertise en tant

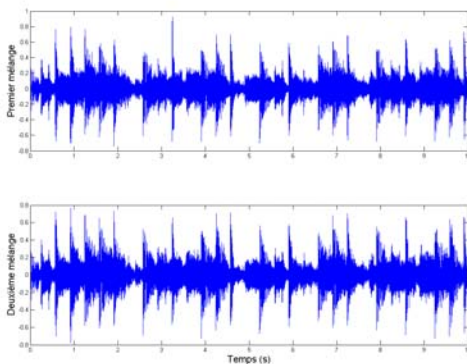


Fig. 1. Extrait de la chanson de Nicole Scherzinger

qu'expert de la musique. Les extraits et les signaux obtenus peuvent être écoutés à l'url suivante :

<http://www.ast.obs-mip.fr/article775.html>

Les chansons testées sont :

- *Baby love* par Nicole Scherzinger,
- *Dammit* par Blink 182,
- *Far away* par Nickelback,
- *Touch my body* par Maria Carey.

Pour chacun de ces quatre cas, nous avons sélectionné un extrait de 10s que nous allons maintenant détailler avec précision.

#### 1) Chanson de Nicole Scherzinger

Dans l'extrait de *Baby Love*, nous avons entendu les sources suivantes :

1. la voix de Nicole Scherzinger,
2. des chœurs,
3. une basse,
4. un clavier,
5. une boîte à rythme.

Nous présentons sur la figure 1 les mélanges à traiter.

#### 2) Chanson de Blink 182

La chanson *Dammit* est une chanson du groupe punk Blink 182. Dans l'extrait choisi, nous pouvons entendre alors les sources suivantes :

1. la voix du chanteur,
2. une guitare électrique,
3. une basse électrique,

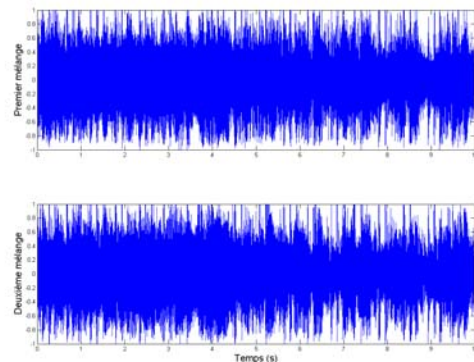


Fig. 2. Extrait de la chanson de Blink 182.

4. une batterie.



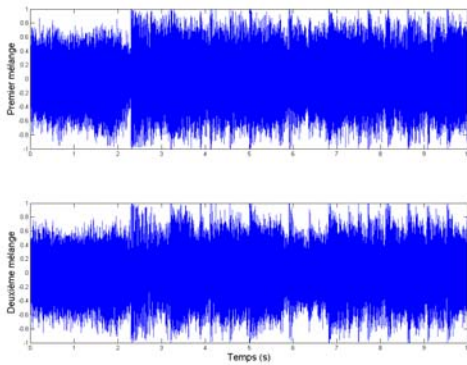


Fig. 3. Extrait de la chanson de Nickelback.

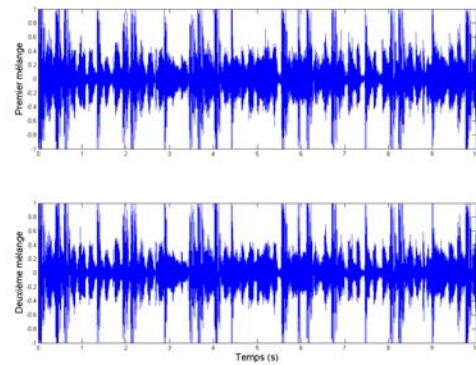


Fig. 4. Extrait de la chanson de Maria Carey.

Nous présentons sur la figure 2 les mélanges à traiter.

### 3) Chanson de Nickelback

Comme pour les extraits précédents, l'extrait à traiter de la chanson de Nickelback dure 10 s et contient les sources suivantes :

1. la voix du chanteur (chant principal et tierce avant le refrain),
2. une guitare (arpèges)
3. une basse électrique
4. une batterie

La figure 3 présente l'extrait à traiter.

### 4) Chanson de Maria Carey

Dans l'extrait de *Touch my body*, représenté sur la figure 4, nous pouvons entendre les sources suivantes :

1. la voix de Maria Carey
2. un clavier
3. une boîte à rythmes

## B. Résultats obtenus

### 1) Chanson de Nicole Scherzinger

Cet extrait est intéressant car nous avons supprimé à la fois la basse, une bonne partie de la voix principale et de la boîte à rythme. Notons qu'il reste des effets de la voix principale et des percussions de la boîte à rythme (voir figure 5).

### 2) Chanson de Blink 182

Sur cet extrait, nous avons réalisé une annulation de la voix (à une très léger effet d'écho près) du chanteur et obtenons ainsi une application karaoké (voir figure 6).

### 3) Chanson de Nickelback

Ici encore, nous avons pu supprimer la voix du chanteur (voir figure 7). Ce qui est très intéressant ici est que l'on peut entendre la « tierce » du chant. En effet, notre extrait commence par une vocalise du chanteur (où il est presque en solo). Pour donner du « volume » au chant, une note à la tierce est aussi chantée par le chanteur. Ainsi, après avoir supprimé la contribution principale de la voix, il ne reste que cette partie du chant dans le début de l'extrait.

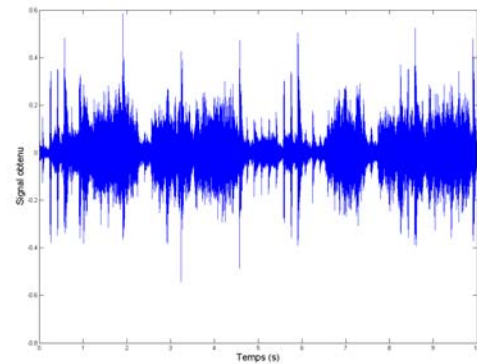


Fig. 5. Signal obtenu après séparation sur la chanson de Nicole Scherzinger.

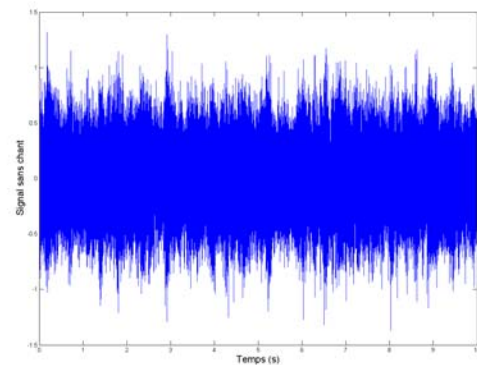


Fig. 6. Signal obtenu après séparation sur la chanson de Blink 182.

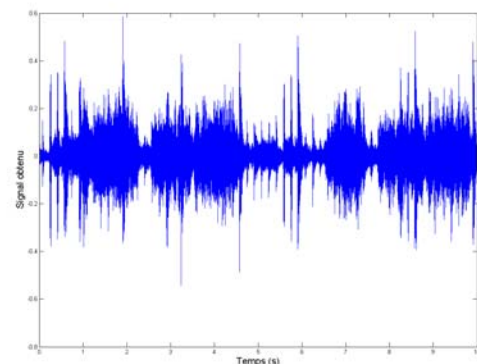


Fig. 7. Signal obtenu après séparation sur la chanson de Nickelback.

#### 4) *Chanson de Maria Carey*

Ici, comme pour la chanson de Nicole Scherzinger, nous avons pu supprimer à la fois la voix de la chanteuse et une partie de la boîte à rythme (figure 8).

### III. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons étudié les capacités d'une méthode de séparation de sources à séparer des mélanges musicaux. Nous avons remarqué que la méthode LI-TIFROM-S testée est vraiment adaptée aux signaux de musique mais est perturbée par les effets de réverbération.

A l'avenir, nous aimerions pouvoir séparer les instruments (et non les annuler) et pouvoir gérer aussi les échos.

- [1] Y. Deville, "Application des méthodes de séparation aveugle de sources", chapitre 13 du livre *Séparation de sources, tome 2*, sous la direction de P. Comon et C. Jutten. Collection Traité IC2, Lavoisier, Hermès, Paris, France, 2007.
- [2] F. Abrard and Y. Deville, "A time-frequency blind signal separation method applicable to underdetermined mixtures of dependent sources", dans *Signal Processing*, 85(7):1389-1403, juillet 2005.
- [3] Y. Deville, M. Puigt et B. Albouy, "Time-frequency blind signal separation: extended methods, performance evaluation for speech sources", Actes de *IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2004)*, pp. 255-260, Budapest, Hongrie, 25-29 juillet 2004.
- [4] M. Puigt and Y. Deville, "Time-frequency ratio-based blind separation methods for attenuated and time-delayed sources", Section 3: "Summary of the TIFROM method for linear instantaneous mixtures", dans *Mechanical Systems and Signal Processing*, 19(6):1348-1379, novembre 2005.

### REMERCIEMENTS

Le logiciel LI-TIFROM est accessible à l'adresse suivante : <http://www.ast.obs-mip.fr/bss-sofwares>

**Marion Huysman** est née le 7 mars 1994 à Paris, France. Elle a commencé sa scolarité à Londres, Angleterre, puis à Inverness, Ecosse. Elle est ensuite retournée en France, à Serres-Castet, où elle a poursuivi ses études dans l'école primaire. Elle part ensuite en Angola où elle rentre au collège. Elle est retournée à Serres-Castet en 2007 où elle étudie au Collège René Forgues. En octobre 2008, elle effectue un stage au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où elle étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources et leurs applications dans le domaine audio.

**Matthieu Puigt** est né le 6 septembre 1980, à Perpignan, France. Il a d'abord étudié les mathématiques à l'Université de Perpignan où il a obtenu une Maîtrise d'Ingénierie Mathématiques en 2002. Il a ensuite étudié le Traitement du Signal et a obtenu le DEA Signal, Image et Acoustique de l'Université de Toulouse (France) en 2003. De septembre 2003 à septembre 2004, il a été vacataire au Laboratoire d'Acoustique, Métrologie et Instrumentation de Toulouse avant d'effectuer une thèse en Traitement du Signal au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes. Ayant obtenu le grade de Docteur es-Sciences de l'Université de Toulouse en décembre 2007, il est aujourd'hui Agent Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université de Toulouse.

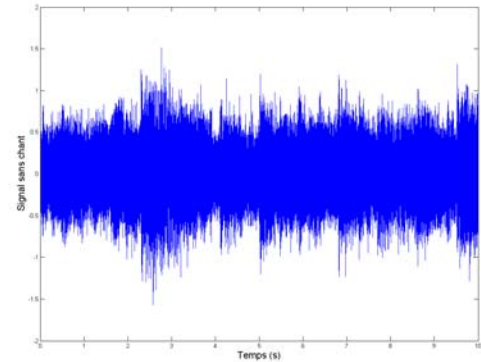


Fig. 7. Signal obtenu après séparation sur la chanson de Nickelback.

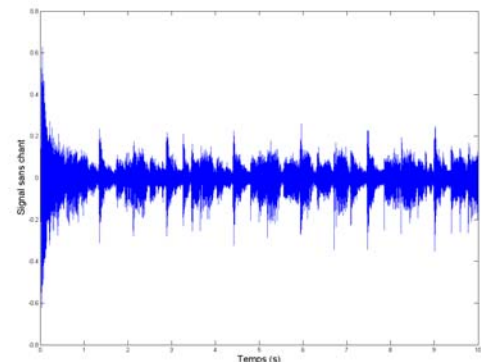


Fig. 8. Signal obtenu après séparation sur la chanson de Maria Carey.

# Annulation aveugle de sources musicales et application karaoké

Cyril Salles-Menjou<sup>1,2</sup> et Matthieu Puigt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Collège Sainte Marthe Saint Front, 24100, Bergerac, France

<sup>2</sup>Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes, Université de Toulouse, CNRS, 14 Av. E. Belin, 31400 Toulouse, France

Dans cet article, nous allons présenter les résultats de séparation de sources à partir de mélanges issus de chansons. Suivant les sources et les mélanges que nous avons initialement, les résultats obtenus sont étonnants !

*Mots Clés*— séparation de sources, musique, karaoké.

## I. INTRODUCTION

LA SEPARATION AVEUGLE DE SOURCES consiste à séparer un ensemble de sources inconnues à partir de plusieurs mélanges de ces sources, le mélange étant lui aussi inconnu. Ces méthodes sont dites « génériques » et permettent un grand nombre d'applications [1] comme l'acoustique, le biomédical, les télécommunications, l'astrophysique ou la finance.

Dans le cas particulier où le nombre de mélanges est plus petit que le nombre de sources, notre équipe a proposé de les annuler plutôt que de les séparer [2]. Pour des signaux issus d'un CD du commerce, mis à part quand des effets de réverbération sont rajoutés, nous pouvons supprimer une source (chant, instrument de musique) à partir des sorties gauche et droite de la chaîne stéréo.

Dans cet article, nous allons montrer que notre méthode LI-TIFROM-S [3,4] (<http://www.ast.obs-mip.fr/li-tifrom>) peut annuler la partie principale d'une source mais laisse l'effet de réverbération s'il est présent. Enfin, nous concluons et présenterons les perspectives de ces travaux.

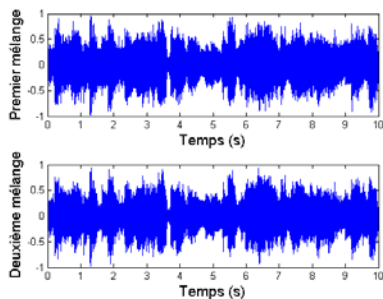


Fig. 1. Extrait de la chanson de Cocoon

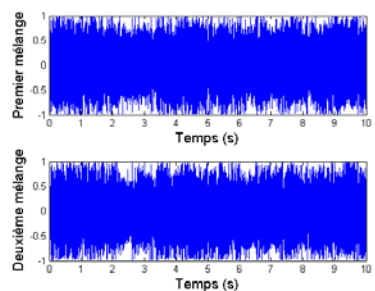


Fig. 2. Extrait de la chanson de Coldplay

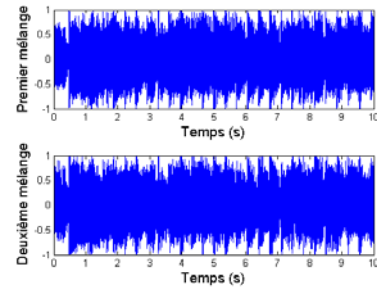


Fig. 3. Extrait de la chanson de Keane

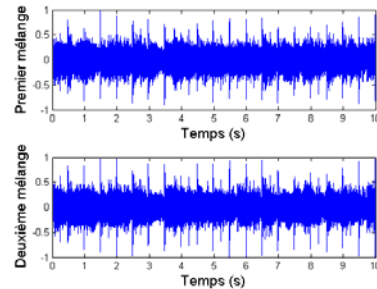


Fig. 4. Extrait de la chanson de Nirvana

## II. TESTS SUR LA MUSIQUE

### A. Mélanges à traiter

Dans ce document, nous proposons de tester la méthode LI-TIFROM-S sur des extraits de 10 s de certaines chansons. C. Salles-Menjou apporte son expertise en tant que spécialiste de la musique. Les extraits et les signaux obtenus peuvent être écoutés à :

<http://www.ast.obs-mip.fr/article807.html>

Les chansons testées sont :

- *Humminbirds* par Cocoon,
- *Violet Hill* par Coldplay,
- *Somewhere Only We Know* par Keane,
- *Come As You Are* par Nirvana

#### 1) Chanson de Cocoon

Cet extrait, visible sur la figure 1, contient :

1. les voix du chanteur et de la chanteuse,
2. une guitare acoustique,
3. un ukulélé,
4. une percussion.

### 2) Chanson de Coldplay

Dans cet extrait (figure 2), nous entendons les sources suivantes :

1. la voix du chanteur,
2. une guitare électrique,
3. un clavier,
4. une basse,
5. une batterie.

### 3) Chanson de Keane

Cet extrait (voir figure 3) contient :

1. la voix du chanteur,
2. un piano,
3. une basse,
4. une batterie.

### 4) Chanson de Nirvana

Cet extrait, visible sur la figure 4, contient :

1. la voix du chanteur,
2. une guitare électrique,
3. une basse,
4. une batterie.

## B. Résultats obtenus

### 1) Chanson de Cocoon

Cet extrait est intéressant car nous avons supprimé la voix des deux chanteurs, mais il reste un « écho » dû à des effets rajoutés lors de l'enregistrement (cf figure 5).

### 2) Chanson de Coldplay

Sur cet extrait, nous avons supprimé à la fois la batterie, la basse et une partie de la voix, aux échos décrits ci-dessus près (voir figure 6).

### 3) Chanson de Keane

Sur cet extrait, nous avons réalisé une annulation de la voix du chanteur et obtenons ainsi une application karaoké (voir figure 7). Notons que la quasi-totalité de la batterie et toute la basse ont elles-aussi été supprimées.

### 4) Chanson de Nirvana

Sur cet extrait, nous avons annulé presque toutes les sources : il ne reste que la guitare et les cymbales de la batterie. La voix du chanteur, la basse et les tomes de la batterie ont été annulés (voir figure 8).

## III. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons étudié les capacités d'une méthode de séparation de sources à annuler une source dans des mélanges musicaux. Nous avons remarqué que la méthode LI-TIFROM-S est vraiment adaptée aux signaux de musique. A l'avenir, nous aimerions réaliser de la séparation complète plutôt que de l'annulation de sources, dans le cas étudié où les sources sont plus nombreuses que les mélanges. Enfin, nous aimerions pouvoir traiter les effets d'écho présents dans certains extraits étudiés.

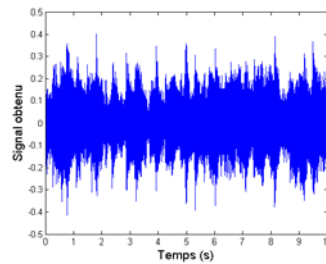


Fig. 5. Signal obtenu sur la chanson de Cocoon

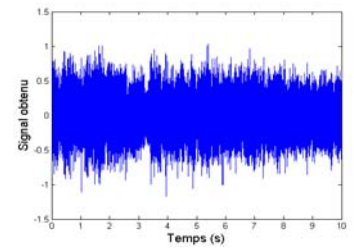


Fig. 6. Signal obtenu sur la chanson de Coldplay

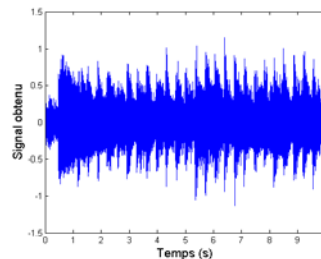


Fig. 7. Signal obtenu sur la chanson de Keane

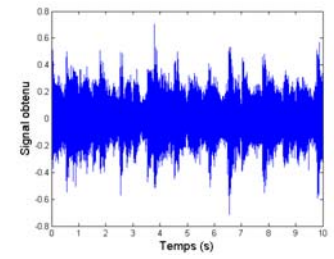


Fig. 8. Signal obtenu sur la chanson de Nirvana

- [1] Y. Deville, "Application des méthodes de séparation aveugle de sources", chapitre 13 du livre *Séparation de sources, tome 2*, sous la direction de P. Comon et C. Jutten. Collection Traité IC2, Lavoisier, Hermès, Paris, France, 2007.
- [2] F. Abrard and Y. Deville, "A time-frequency blind signal separation method applicable to underdetermined mixtures of dependent sources", dans *Signal Processing*, 85(7):1389-1403, juillet 2005.
- [3] Y. Deville, M. Puigt et B. Albouy, "Time-frequency blind signal separation: extended methods, performance evaluation for speech sources", Actes de *IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2004)*, pp. 255-260, Budapest, Hongrie, 25-29 juillet 2004.
- [4] M. Puigt and Y. Deville, "Time-frequency ratio-based blind separation methods for attenuated and time-delayed sources", Section 3: "Summary of the TIFROM method for linear instantaneous mixtures", dans *Mechanical Systems and Signal Processing*, 19(6):1348-1379, novembre 2005.

**Cyril Salles-Menjou** est né le 19 août 1994, à Muret, France. Il a effectué toute sa scolarité à Bergerac, France. Après son école maternelle, il a intégré l'école primaire Fenelon. Depuis septembre 2005, il est au collège Sainte Marthe Saint Front. En janvier 2009, il effectue un stage d'observation au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où il étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de source.

**Matthieu Puigt** est né le 6 septembre 1980, à Perpignan, France. Il a d'abord étudié les mathématiques à l'Université de Perpignan où il a obtenu une Maîtrise d'Ingénierie Mathématiques en 2002. Il a ensuite étudié le Traitement du Signal et a obtenu le DEA Signal, Image et Acoustique de l'Université de Toulouse en 2003. De septembre 2003 à septembre 2004, il a travaillé au Laboratoire d'Acoustique, Métrologie et Instrumentation de Toulouse avant d'effectuer une thèse en Traitement du Signal au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes. Ayant obtenu le grade de Docteur es-Sciences de l'Université de Toulouse en décembre 2007, il est aujourd'hui Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université de Toulouse.



# Application de la séparation de sources à des extraits musicaux

Dorian Goninet<sup>1,2</sup>, Marie Mitrano<sup>2,3</sup>, Jean-Baptiste Ragues<sup>2,4</sup> et Matthieu Puigt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Collège les Roussillous, Av. Lanta, 31570, Saint Pierre de Lages, France

<sup>2</sup>Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes, Université de Toulouse, CNRS, 14 Av. E. Belin, 31400, Toulouse, France

<sup>3</sup>Collège Léo Ferré, 77 Av. Languedoc, 31470, St-Lys, France

<sup>4</sup>Collège Emilie de Rodat, 25 Av. Lombez, 31100, Toulouse, France

Dans cet article, nous allons présenter les résultats de séparation de sources à partir de mélanges issus de chansons. Suivant les sources et les mélanges que nous avons initialement, les résultats obtenus sont étonnants !

**Mots Clés**— séparation aveugle de sources, musique.

## I. INTRODUCTION

LA SEPARATION AVEUGLE DE SOURCES consiste à séparer un ensemble de sources inconnues à partir de plusieurs mélanges de ces sources, le mélange étant lui-aussi inconnu. Ces méthodes sont « génériques » et permettent un grand nombre d'applications [1] comme l'acoustique, le biomédical, les télécommunications, l'astrophysique ou la finance.

Dans le cas particulier où le nombre de sources est plus petit que le nombre de mélanges, notre équipe a proposé d'annuler les sources plutôt que de les séparer [2]. Pour des signaux musicaux issus d'un CD du commerce, cela signifie que nous pouvons supprimer, à partir des mélanges (les sorties gauche et droite de la chaîne stéréo), une source (chant, instrument de musique). Souvent, des effets de réverbération sont rajoutés lors de l'enregistrement des chansons.

Dans cet article, nous allons montrer que notre méthode, nommée LI-TIFROM-S2 [2], peut quand même annuler la partie principale d'une source mais laisse l'effet de réverbération (ou écho). Enfin, nous concluons et présenterons les perspectives de ces travaux.

## II. TESTS SUR LA MUSIQUE

### A. Mélanges à traiter

Dans ce document, nous proposons de tester sur des chansons une méthode, nommée LI-TIFROM-S2 [2],

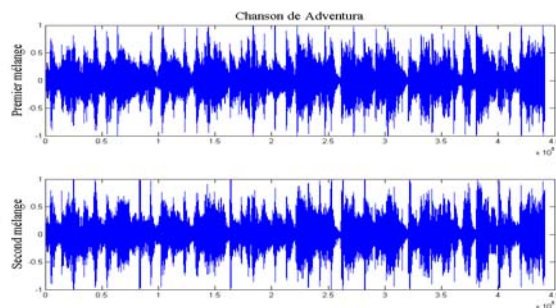


Fig. 1. Extrait de la chanson de Adventura.

développée au LATT. D. Goninet, M. Mitrano et J.-B. Ragues apportent leur expertise en tant qu'amateurs de musique.

Les chansons testées sont :

- *Obsession* par Aventura,
- *Chop Suey* par System Of A Down,
- *Travel The World* par Superbus.

Nous allons maintenant détailler avec précision les sources présentes dans ces signaux.

#### 1) *Chanson de Adventura*

Nous avons sélectionné un extrait de 10s (23s-33s dans la chanson) correspondant à un couplet. Il contient les sources suivantes (voir figure 1) :

1. la voix du chanteur,
2. des percussions,
3. une guitare classique (petits solos),
4. une basse.

#### 2) *Chanson de System Of A Down*

L'extrait sélectionné commence à la 60<sup>ème</sup> s de la chanson et dure, là aussi, 10s. Présenté dans la figure 2, il contient la fin d'un couplet et le début d'un refrain.

Nous pouvons entendre alors les sources suivantes :

1. la voix du chanteur,
2. une guitare électrique saturée (couplet),
3. une guitare avec un son clair,
4. un clavier (fin du refrain),
5. une basse électrique,
6. une batterie.

#### 3) *Chanson de Superbus*

Pour cette chanson, nous avons sélectionné deux extraits

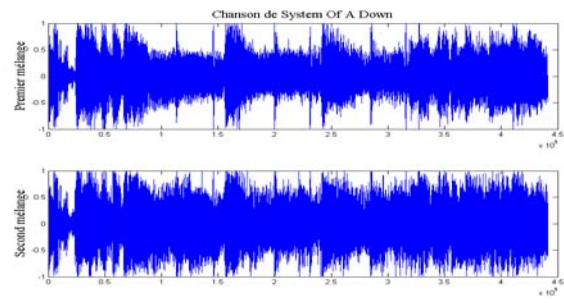


Fig. 2. Extrait de la chanson de System Of A Down.

(figure 3) de 10s chacun : le premier contient un refrain purement musical (4s-14s) alors que le second est un bout de couplet (50s-60s).

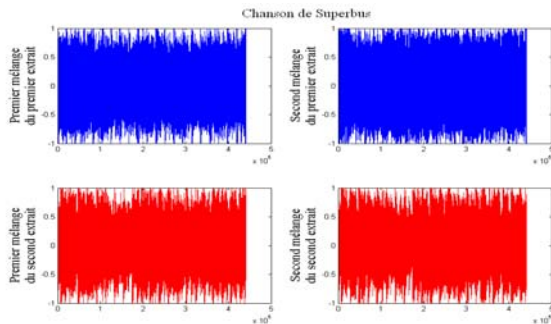


Fig. 3. Extraits de la chanson de Superbus. En bleu, premier extrait. En rouge, deuxième extrait

Le premier extrait contient les sources suivantes :

1. un synthétiseur (mélodie principale),
2. une nappe de synthétiseur,
3. une guitare électrique (accords),
4. une basse (faible niveau),
5. une batterie.

Le deuxième extrait contient les mêmes instruments sauf qu'il y a une voix féminine (à la place de la mélodie au synthé) avec de nombreux effets de réverbération.

### B. Résultats de la séparation

#### 1) *Chanson de Adventura*

Sur cet extrait, on a supprimé en même temps la basse et une grosse partie de la voix du chanteur (reste un léger écho), comme nous pouvons le voir sur la figure 4.

#### 2) *Chanson de System Of A Down*

Sur cette chanson, nous avons annulé la contribution d'une source sur le refrain : nous avons réussi à supprimer la voix (reste un écho), comme on peut le voir sur la figure 4.

#### 3) *Chanson de Superbus*

Sur le premier extrait de la chanson de Superbus, nous avons réussi à supprimer le synthétiseur (nappe et mélodie mais il reste l'écho de la mélodie), une bonne partie de la batterie (reste le charleston), la basse, comme nous pouvons le voir sur la figure 4.

Sur le deuxième extrait, la voix (sauf un écho) et une bonne partie de la batterie sont supprimés. Reste donc principalement la guitare et la nappe de synthétiseur, comme nous pouvons le voir sur la figure 4.

## III. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons étudié les capacités d'une méthode de séparation de sources à séparer des mélanges musicaux. Nous avons remarqué que la méthode LI-TIFROM-S2 testée est vraiment adaptée aux signaux de musique mais est perturbée par les effets de réverbération.

A l'avenir, nous aimerions pouvoir séparer les instruments (et non les annuler) et pouvoir gérer aussi les échos.

Nous voulons aussi tester cette méthode sur des images.

[1] Y. Deville, "Application des méthodes de séparation aveugle de sources", chapitre 13 du livre *Séparation de sources, tome 2*, sous la

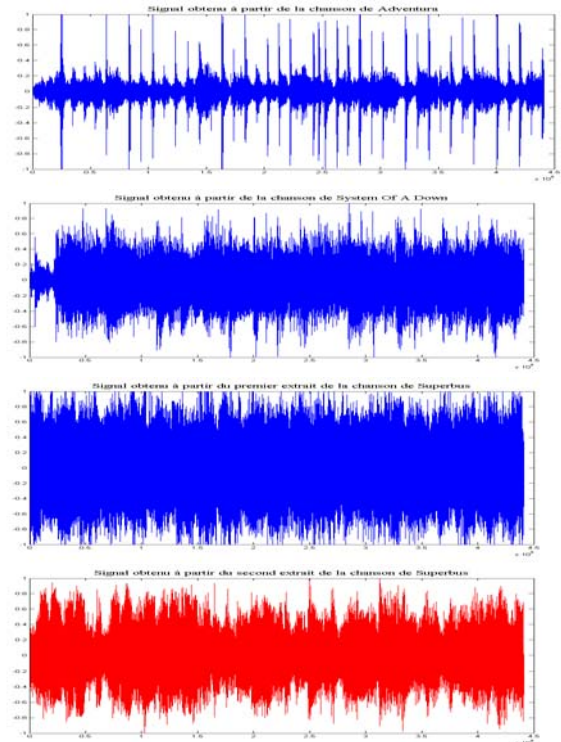


Fig. 4. Signaux traités. De haut en bas : Adventura, System Of A Down, Superbus (1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> extrait).

direction de P. Comon et C. Jutten. Collection Traité IC2, Lavoisier, Hermès, Paris, France, 2007.

[2] M. Puigt, "Méthodes de séparation aveugle de sources fondées sur des transformées temps-fréquence. Application à des signaux de parole", thèse de doctorat, Université de Toulouse, décembre 2007.

**Dorian Gonin** est né le 6 août 1993 à Toulouse, France. Il a notamment étudié à l'école primaire de Saint Pierre de Lages (France). Il a ensuite étudié au collège Les Roussillous à Saint Pierre de Lages où il est actuellement en 3<sup>ème</sup>. En février 2008, il effectue un stage au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où il étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources et leurs applications dans le domaine audio.

**Marie Mitrano** est née le 6 juin 1992 à Toulouse, France. Après avoir commencé sa scolarité à Toulouse, elle a étudié à Saint Lys (école primaire Ayguebelle, collège Léo Ferré). En février 2008, elle effectue un stage, dans le cadre de sa 3<sup>ème</sup>, au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où il étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources et leurs applications dans le domaine audio.

**Jean-Baptiste Ragues** est né le 22 mars 1994 à Toulouse, France. Il a effectué toute sa scolarité à Emilie de Rodat, dans le quartier Lardenne de Toulouse. Il est actuellement en 4<sup>ème</sup> et effectue un stage au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où il étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources et leurs applications dans le domaine audio.

**Matthieu Puigt** est né le 6 septembre 1980, à Perpignan, France. Il a d'abord étudié les mathématiques à l'Université de Perpignan où il a obtenu une Maîtrise d'Ingénierie Mathématiques en 2002. Il a ensuite étudié le Traitement du Signal et a obtenu le DEA Signal, Image et Acoustique de l'Université de Toulouse (France) en 2003. De septembre 2003 à septembre 2004, il a été vacataire au Laboratoire d'Acoustique, Métrologie et Instrumentation de Toulouse avant d'effectuer une thèse en Traitement du Signal au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes. Ayant obtenu le grade de Docteur es-Sciences de l'Université de Toulouse en décembre 2007, il est aujourd'hui Agent Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université de Toulouse.

# Méthode d'annulation aveugle de sources musicales : application karaoké

Paul Gros<sup>1,2</sup> et Matthieu Puigt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Collège Henri Bergson, 37540, Saint-Cyr-sur-Loire, France

<sup>2</sup>Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes, Université de Toulouse, CNRS, 14 Av. E. Belin, 31400 Toulouse, France

Dans cet article, nous allons présenter les résultats de séparation de sources à partir de mélanges issus de chansons. Suivant les sources et les mélanges que nous avons initialement, les résultats obtenus sont étonnants !

**Mots Clés**— séparation de sources, musique, karaoké.

## I. INTRODUCTION

LA SEPARATION AVEUGLE DE SOURCES consiste à séparer un ensemble de sources inconnues à partir de plusieurs mélanges de ces sources, le mélange étant lui aussi inconnu. Ces méthodes sont dites « génériques » et permettent un grand nombre d'applications [1] comme l'acoustique, le biomédical, les télécommunications, l'astrophysique ou la finance.

Dans le cas particulier où le nombre de mélanges est plus petit que le nombre de sources, notre équipe a proposé de les annuler plutôt que de les séparer [2]. Pour des signaux issus d'un CD du commerce, mis à part quand des effets de réverbération sont rajoutés, nous pouvons supprimer une source (chant, instrument de musique) à partir des sorties gauche et droite de la chaîne stéréo.

Dans cet article, nous allons montrer que notre méthode LI-TIFROM-S [3,4] (<http://www.ast.obs-mip.fr/li-tifrom>) peut annuler la partie principale d'une source mais laisse l'effet de réverbération s'il est présent. Enfin, nous concluons et présenterons les perspectives de ces travaux.

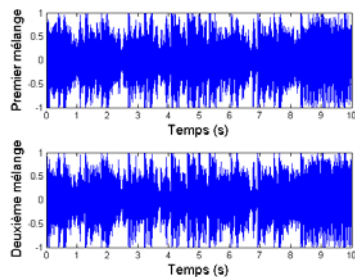


Fig. 1. Extrait de la chanson de Fort Minor

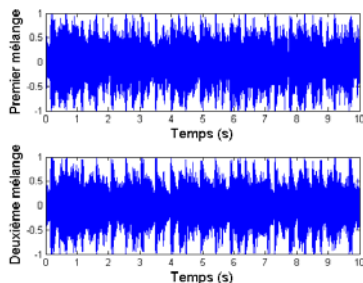


Fig. 2. Extrait de la chanson de Scorpions

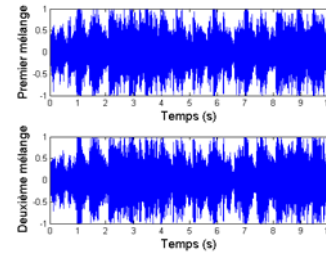


Fig. 3. Extrait de la chanson de TI et Rihanna

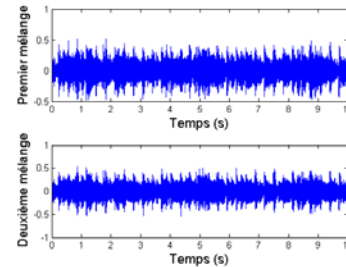


Fig. 4. Extrait de la chanson de Amy Mac Donald

## II. TESTS SUR LA MUSIQUE

### A. Mélanges à traiter

Dans ce document, nous proposons de tester la méthode LI-TIFROM-S sur des extraits de 10 s de certaines chansons. P. Gros apporte son expertise en tant que spécialiste de la musique. Les extraits et les signaux obtenus peuvent être écoutés à :

<http://www.ast.obs-mip.fr/article814.html>

Les chansons testées sont :

- *Remember The Name* par Fort Minor,
- *Rock You Like A Hurricane* par Scorpions,
- *Live Your Life* par TI et Rihanna,
- *This is the Life* par Amy Mac Donald

#### 1) *Chanson de Fort Minor*

Cet extrait, visible sur la figure 1, contient :

1. la voix du chanteur,
2. une boîte à rythmes,
3. un synthétiseur (arpèges + nappes).

#### 2) *Chanson de Scorpions*

Dans cet extrait (figure 2), nous entendons les sources suivantes :

1. la voix du chanteur,

2. une guitare électrique,
3. une basse,
4. une batterie.

### 3) *Chanson de TI et Rihanna*

Cet extrait (voir figure 3) contient :

1. les voix du chanteur et de la chanteuse,
2. une boîte à rythmes,
3. un synthétiseur.

### 4) *Chanson de Amy Mac Donald*

Cet extrait, visible sur la figure 4, contient :

1. la voix de la chanteuse (chant principal + tierce),
2. une guitare,
3. une basse,
4. une batterie.

## B. Résultats obtenus

### 1) *Chanson de Fort Minor*

Cet extrait est intéressant car nous avons supprimé la boîte à rythmes, rendant l'extrait plus « calme » (cf figure 5).

### 2) *Chanson de Scorpions*

Sur cet extrait, nous avons supprimé à la fois la basse et une partie de la batterie (voir figure 6).

### 3) *Chanson de TI et Rihanna*

Sur cet extrait, nous avons à nouveau réalisé une annulation de la boîte à rythmes (voir figure 7).

### 4) *Chanson de Amy Mac Donald*

Sur cet extrait, nous avons annulé presque toutes les sources : il ne reste que la guitare et les échos des voix. Nous obtenons alors une version « karaoké » de la chanson (voir figure 8).

## III. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons étudié les capacités d'une méthode de séparation de sources à annuler une source dans des mélanges musicaux. Nous avons remarqué que la méthode LI-TIFROM-S est vraiment adaptée aux signaux de musique. A l'avenir, nous aimerions réaliser de la séparation complète plutôt que de l'annulation de sources, dans le cas étudié où les sources sont plus nombreuses que les mélanges. Enfin, nous aimerions pouvoir traiter les effets d'écho présents dans

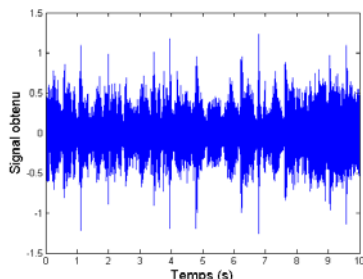


Fig. 5. Signal obtenu sur la chanson de Fort Minor

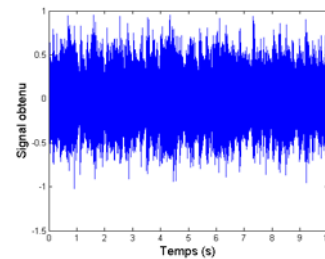


Fig. 6. Signal obtenu sur la chanson de Scorpions

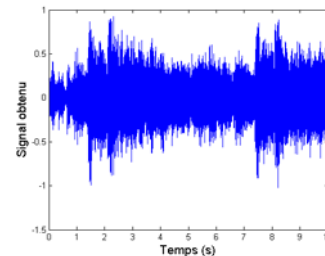


Fig. 7. Signal obtenu sur la chanson de TI et Rihanna

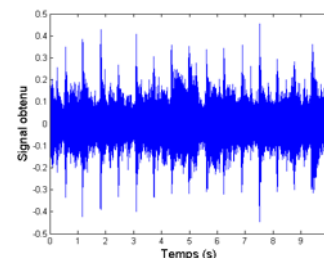


Fig. 8. Signal obtenu sur la chanson d'Amy Mac Donald

certains extraits étudiés.

- [1] Y. Deville, "Application des méthodes de séparation aveugle de sources", chapitre 13 du livre *Séparation de sources, tome 2*, sous la direction de P. Comon et C. Jutten. Collection Traité IC2, Lavoisier, Hermès, Paris, France, 2007.
- [2] F. Abrard and Y. Deville, "A time-frequency blind signal separation method applicable to underdetermined mixtures of dependent sources", dans *Signal Processing*, 85(7):1389-1403, juillet 2005.
- [3] Y. Deville, M. Puigt et B. Albouy, "Time-frequency blind signal separation: extended methods, performance evaluation for speech sources", Actes de *IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2004)*, pp. 255-260, Budapest, Hongrie, juillet 2004.
- [4] M. Puigt and Y. Deville, "Time-frequency ratio-based blind separation methods for attenuated and time-delayed sources", Section 3: "Summary of the TIFROM method for linear instantaneous mixtures", dans *Mechanical Systems and Signal Processing*, 19(6):1348-1379, novembre 2005.

**Paul Gros** est né le 16 septembre 1994, à Tours, France. Il a effectué toute sa scolarité à Saint-Cyr-sur-Loire, France. Après avoir étudié à l'école maternelle Jean Moulin, il a intégré l'école primaire République. Depuis septembre 2005, il est au collège Henri Bergson. En février 2009, il effectue un stage d'observation au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où il étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources.

**Matthieu Puigt** est né le 6 septembre 1980, à Perpignan, France. Il a d'abord étudié les mathématiques à l'Université de Perpignan où il a obtenu une Maîtrise d'Ingénierie Mathématiques en 2002. Il a ensuite étudié le Traitement du Signal et a obtenu le DEA Signal, Image et Acoustique de l'Université de Toulouse en 2003. De septembre 2003 à septembre 2004, il a travaillé au Laboratoire d'Acoustique, Métrologie et Instrumentation de Toulouse avant d'effectuer une thèse en Traitement du Signal au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes. Ayant obtenu le grade de Docteur es-Sciences de l'Université de Toulouse en décembre 2007, il est aujourd'hui Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université de Toulouse.



# Séparation de sources audiophoniques et astrophysiques

Paul Teyssier<sup>1,2</sup> et Matthieu Puigt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Collège de l'Europe, Av. A. Vallon, 26300, Bourg-de-Péage, France

<sup>2</sup>Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes, Université de Toulouse, CNRS, 14 Av. E. Belin, 31400, Toulouse, France

**Dans cet article, nous allons présenter les résultats de séparation de sources à partir de mélanges issus de chansons ou de spectres astrophysiques. Suivant les sources et les mélanges que nous avons initialement, les résultats obtenus sont étonnants !**

**Mots Clés**— séparation de sources, musique, astrophysique, spectres.

## I. INTRODUCTION

LA SEPARATION AVEUGLE DE SOURCES consiste à séparer un ensemble de sources inconnues à partir de plusieurs mélanges de ces sources, le mélange étant lui-aussi inconnu. Ces méthodes sont des méthodes « génériques » qui permettent un grand nombre d'applications [1] comme l'acoustique, le bio-médical, les télécommunications, l'astrophysique ou la finance.

Dans le cas particulier où le nombre de sources est plus petit que le nombre de mélanges, notre équipe a proposé d'annuler les sources plutôt que de les séparer [2]. Pour des signaux musicaux issus d'un CD du commerce, cela signifie que nous pouvons supprimer, à partir des mélanges (les sorties gauche et droite de la chaîne stéréo), une source (chant, instrument de musique). Dans la première partie de cet article, nous allons montrer que nous pouvons annuler une source dans de nombreuses chansons.

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, la séparation aveugle de sources permet aussi de traiter des signaux issus de l'astrophysique. En particulier, nous allons montrer comment une de nos méthodes, nommée LI-TIFROM-S2, permet d'aider les astrophysiciens à connaître les composants chimiques qu'on trouve dans des nuages de poussières présents dans l'espace.

Dans la première partie de notre article, nous allons présenter les tests effectués sur des signaux musicaux. Dans la seconde partie, nous allons montrer l'apport de notre méthode sur des signaux astrophysique. Enfin, nous concluons et présenterons les perspectives de ces travaux.

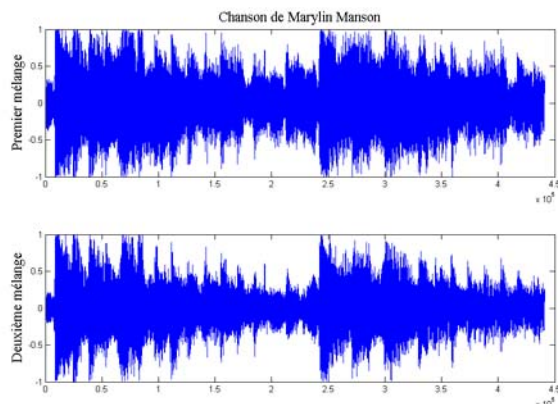


Fig. 1. Extrait de la chanson de Marilyn Manson.

## II. TESTS SUR LA MUSIQUE

### A. Mélanges à traiter

Dans ce document, nous proposons de tester une méthode, nommée LI-TIFROM-S2 [2], développée au LATT, sur des chansons. P. Teyssier apporte son expertise en tant qu'expert de la musique.

Les chansons testées sont :

- *Sweet Dreams* par Marilyn Manson,
- *Uebers ende der welt* par Tokio Hotel,
- *Cigarette smoke* par Arctic Monkeys.

Nous allons maintenant détailler avec précision les sources présentes dans ces signaux.

#### 1) *Chanson de Marilyn Manson*

La chanson *Sweet Dreams* est une reprise de Eurythmics. Nous avons sélectionné un extrait de 10s (35s-45s dans la chanson) et cet extrait contient les sources suivantes :

1. la voix de Marilyn Manson,
2. une guitare légèrement saturée (crunch),
3. une basse présente par moment,
4. une voix en effet sonore (très faible)

Nous présentons sur la figure 1 les mélanges à traiter.

#### 2) *Chanson de Tokio Hotel*

La chanson *Uebers ende der welt* est une musique originale de Tokio Hotel. L'extrait sélectionné commence à la 10<sup>ème</sup> s de la chanson et dure, là aussi, 10s.

Nous pouvons entendre alors les sources suivantes :

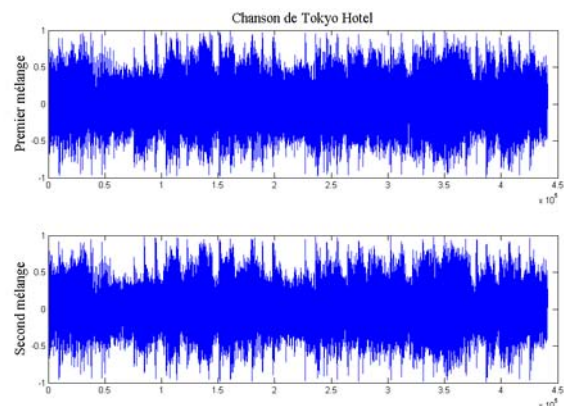


Fig. 2. Extrait de la chanson de Tokio Hotel.

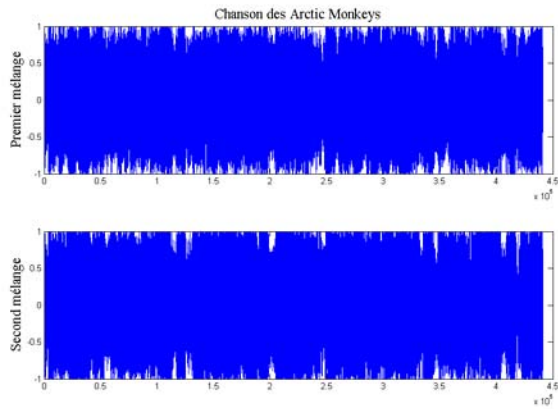


Fig. 3. Extrait de la chanson des Arctic Monkeys.

1. la voix du chanteur,
2. une guitare électrique,
3. une basse électrique,
4. une batterie.

Nous présentons sur la figure 2 les mélanges à traiter.

3) Chanson des Arctic Monkeys

Comme pour les signaux précédents, l'extrait à traiter de la chanson des Arctic Monkeys dure 10 s (45s-55s). L'extrait contient les sources suivantes :

1. la voix du chanteur,
2. un chœur (voix du chanteur aussi)
3. une guitare électrique (accords)
4. une guitare électrique (solo)
5. une basse électrique
6. une batterie

La figure 3 présente l'extrait à traiter.

**B. Résultats de la séparation**

1) Chanson de Marilyn Manson

Cet extrait est le seul parmi les trois où nous arrivons à annuler deux sources différentes. Les signaux obtenus sont présentés sur la figure 4.

Dans le premier cas, nous avons réussi à supprimer la guitare de l'extrait musical. Dans le second cas, nous avons supprimé la basse.

2) Chanson de Tokio Hotel

Sur cette chanson, nous n'avons réussi à qu'extraire une source... En réalité, nous avons presque supprimé tous les instruments à la fois ! La raison est simple : il n'y a quasiment aucune différence entre les mélanges observés, mis à part quelques effets d'échos sur la guitare et la voix que nous entendons dans le signal de sortie (voir figure 5).

3) Chanson des Arctic Monkeys

Sur la chanson des Arctic Monkeys, nous avons réussi à supprimer la voix (reste juste un léger effet d'écho dans la voix) et avons donc obtenu une version karaoké de la chanson (voir figure 6).

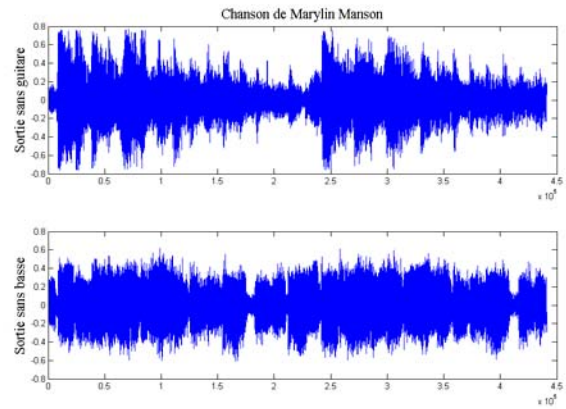


Fig. 4. Signaux traités sur la chanson de Marilyn Manson.

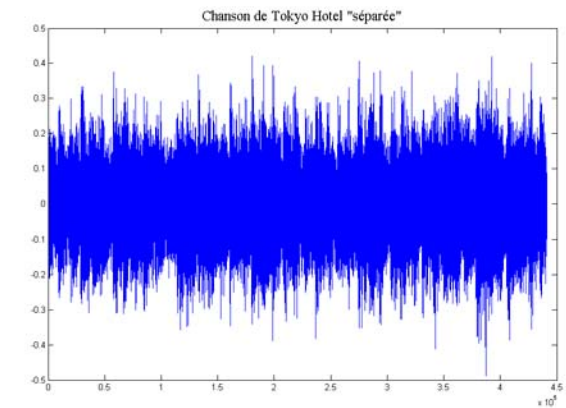


Fig. 5. Signal traité sur la chanson de Tokio Hotel.

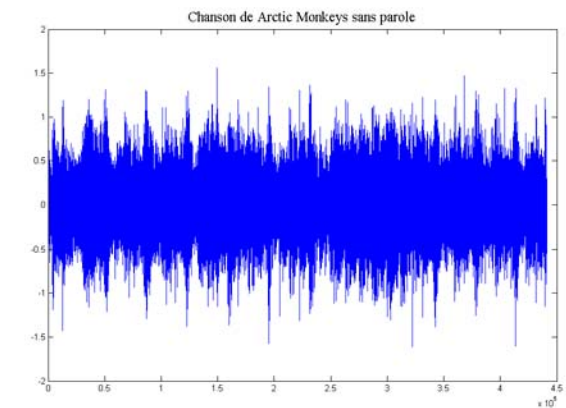


Fig. 6. Signal traité sur la chanson des Arctic Monkeys.

**C. Conclusion**

Nous avons testé dans cette partie du papier une méthode de séparation aveugle de sources sur des signaux de musique. Nous avons, dans chaque sortie, supprimé une source. En particulier, quand nous supprimons la voix, nous obtenons une version karaoké des chansons.

La méthode testée est donc bien adaptée pour traiter ces signaux.

**III. SIGNAUX ASTROPHYSIQUES**

Les régions de notre galaxie situées entre les étoiles sont regroupées sous l'appellation de milieu interstellaire (MIS).

Bien que ce milieu soit généralement très dilué, on y trouve de la matière qui a été enrichie par les éjections des étoiles en fin de vie (géantes rouges ou supernovae). Cette matière n'est pas répartie uniformément dans le MIS mais concentrée dans des



Fig. 7. Photo de la nébuleuse Ced 201 (© R. Croman, www.rc-astro.com)

nuages de gaz et de petits grains de poussière. Ces nuages présentent la particularité d'absorber la lumière émise par les étoiles environnantes dans l'ultraviolet pour en réémettre une partie dans l'infrarouge. L'observation de cette réémission<sup>1</sup> dans l'infrarouge pousse à penser [3] à la cohabitation de plusieurs composants chimiques appelés "grains".

De nombreux travaux, dont ceux d'Olivier Berné et ses collègues [4], proposent d'étudier la présence de tels composants chimiques. En pratique, plusieurs molécules sont présentes dans ces nuages et les spectres observés sont donc des mélanges des spectres de chacune de ces molécules. Olivier Berné et ses collègues proposent d'utiliser des méthodes de séparation aveugle de sources pour séparer ces spectres.

Nous proposons nous-aussi d'utiliser la méthode [2] (testée dans la section précédente) afin de vérifier qu'elle est capable de séparer les composants chimiques elle-aussi.

L'objet observé est la nébuleuse Ced 201, dont une photo est visible dans la figure 7. Dans cet objet, on s'attend à n'observer que deux composants chimiques.

Il faut savoir que la méthode LI-TIFROM-S2 [2] n'est pas vraiment adaptée à ces signaux astrophysiques. Néanmoins, en modifiant ses paramètres, il est possible de séparer complètement les spectres des composés chimiques initiaux, comme on peut le voir sur la figure 8.

Nous constatons donc que notre méthode est capable elle-aussi de séparer de tels spectres. Ces spectres séparés seront ensuite le point de départ de travaux d'astrophysiciens qui essaieront d'expliquer la naissance des étoiles et la physique et la chimie des galaxies.

#### IV. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons étudié les capacités d'une méthode de séparation de sources à séparer différents types de mélanges de sources. Nous avons remarqué que la méthode LI-TIFROM-S2 testée est vraiment adaptée aux signaux de musique mais peut aussi séparer des spectres astrophysiques.

A l'avenir, nous aimerions tester cette méthode sur des images.

- [1] Y. Deville, "Application des méthodes de séparation aveugle de sources", chapitre 13 du livre *Séparation de sources, tome 2*, sous la direction de P. Comon et C. Jutten. Collection Traité IC2, Lavoisier, Hermès, Paris, France, 2007.
- [2] M. Puigt, "Méthodes de séparation aveugle de sources fondées sur des transformées temps-fréquence. Application à des signaux de parole", thèse de doctorat, Université de Toulouse, décembre 2007.
- [3] A. Léger, L. d'Hendecourt et D. Défourneau, "Physics of IR emission by interstellar PAH molecules", dans *Astronomy & Astrophysics*, 216(1-2):148-164, juin 1989.
- [4] O. Berné, C. Joblin, Y. Deville, J. D. Smith, M. Rapaccioni, J. P. Bernard, J. Thomas, W. Reach et A. Abergel, "Analysis of the emission of very small dust particles from Spitzer spectro-imagery data using Blind Signal Separation methods", dans *Astronomy & Astrophysics*, 469(2):575-586, juillet 2007.

**Paul Teysier** est né le 6 mai 1995 à Annonay, France. Il a commencé sa scolarité à l'école maternelle de St Alban d'Ay (à environ 20km d'Annonay), avant de déménager dans la Drôme, dans le village de Barbières (à environ 25kms de Valence). Il y a fait son école primaire, avant de partir pour le collège de Bourg-de-Péage où il étudie en ce moment en 4<sup>ème</sup>. En février 2008, il effectue un stage au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes où il étudie notamment les méthodes de séparation aveugle de sources et leurs applications dans le domaine audio et l'astrophysique.

**Matthieu Puigt** est né le 6 septembre 1980, à Perpignan, France. Il a d'abord étudié les mathématiques à l'Université de Perpignan où il a obtenu une Maîtrise d'Ingénierie Mathématiques en 2002. Il a ensuite étudié le Traitement du Signal et a obtenu le DEA Signal, Image et Acoustique de l'Université de Toulouse (France) en 2003. De septembre 2003 à septembre 2004, il a été vacataire au Laboratoire d'Acoustique, Métrologie et Instrumentation de Toulouse avant d'effectuer une thèse en Traitement du Signal au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes. Ayant obtenu le grade de Docteur en Sciences de l'Université de Toulouse en décembre 2007, il est aujourd'hui Agent Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université de Toulouse.

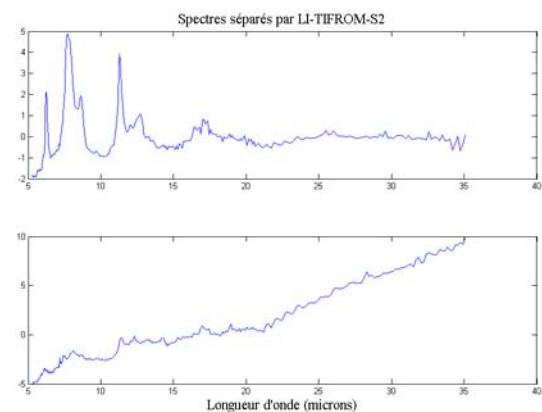


Fig. 8. Spectres séparés par LI-TIFROM-S2.

<sup>1</sup> La réémission observée est en fait un spectre, c'est à dire une courbe correspondant aux composants chimiques présents.