Thèse

présentée par

Eric Chassande-Mottin

pour obtenir le grade de Docteur

de l'Université de Cergy-Pontoise

(Spécialité : Traitement de l'Image et du Signal)

Méthodes de réallocation dans le plan temps-fréquence pour l'analyse et le traitement de signaux non stationnaires

---

Soutenue le 28 septembre 1998
devant le jury composé de MM.

François Auger
Richard G. Baraniuk
Christian Doncarli — **Rapporteur**
Patrick Duvaut — **Président**
Patrick Flandrin — **Directeur de Thèse**
Bruno Torresani — **Rapporteur**

Méthodes de réallocation dans le plan temps-fréquence pour l'analyse et le traitement de signaux non stationnaires

Le cadre de ce travail est celui de l'analyse temps-fréquence (et temps-échelle). Plus précisément, on s'intéresse à la méthode dite de réallocation, destinée à améliorer la lisibilité des représentations temps-fréquence. Cette méthode a été introduite au cours des années 1970 et réactualisée récemment. Elle repose sur l'intervention d'un champ de vecteurs (de réallocation) adéquat qui déplace les valeurs de la distribution temps-fréquence de telle sorte qu'au final, la lecture en soit simplifiée. Bien que le principe de réallocation soit bien connu, les conséquences de sa mise en œuvre le sont moins. Le premier objectif de cette thèse est d'apporter des éléments de réponse à cette question. On effectue par exemple la description statistique du champ des vecteurs de réallocation (du spectrogramme) lorsque du bruit (gaussien) se superpose au signal (supposé déterministe). Compte tenu de ces informations, nous nous sommes ensuite attachés à améliorer la méthode originale : dans le cas de mélange signal et bruit, on propose une méthode de supervision qui décide en chaque point du plan temps-fréquence s'il est opportun de faire la réallocation. Nous montrons également que la méthode de réallocation peut se mettre en pratique au-delà d'un but d'analyse et prendre part dans une chaîne de traitement du signal : en s'appuyant sur une description géométrique précise des champs de vecteurs de réallocation, on introduit une nouvelle méthode de réallocation dite différentielle à partir de laquelle il devient possible de partager le plan temps-fréquence en régions que l'on associe à une composante du signal. Cette partition peut être donc vue *a posteriori* comme la décomposition du signal en composantes modulées en amplitude et/ou fréquence. Nous montrons également que, grâce à leur bonne propriété de localisation, les distributions temps-fréquence réallouées peuvent être utiles pour des problèmes de détection de chirps, comme par exemple celui des ondes gravitationnelles.

Mots-clé : Analyse temps-fréquence et temps-échelle – Transformée de Fourier à court-terme – Spectrogramme – Transformée de Wigner-Ville – Ondelette – Méthode de réallocation – Non stationarité – Fréquence instantanée – Partition du plan temps-fréquence – Détection des ondes gravitationnelles

---

Reassignment methods in the time-frequency plane for the analysis and processing of non stationary signals

This work takes part in the context of the time-frequency and time-scale analysis. More precisely, we are interested in the so-called reassignment method, which is devoted to improve the readability of time-frequency or time-scale representations. This method has been introduced during the 70's and it has been renewed recently. It is based on the action of a (reassignment) vector field which moves the values of the time-frequency distribution so that, at the end, its reading is simplified. Although the principle of reassignment is well known, this is not the case with the consequences of its use. The first goal of this thesis is to give some elements for answering this question. For example, we perform a statistical description of the (spectrogram) reassignment vector field when (Gaussian) noise is added to the signal (assumed to be deterministic). In a second step, by taking this information into account, we put forward improvements to the original reassignment method : in the signal + noise case, we propose a supervision technique which decides in each time-frequency point whether it is convenient to reassign or not. Finally, we show that the reassignment method can be useful for tasks beyond analysis and can be part of a signal processing chain : by using a precise geometrical description of the reassignment vector field, we introduce a new reassignment method, referred to as differential reassignment, with which it becomes possible to tile the time-frequency plane in regions. We associate each of these regions to a signal component. Therefore, this partitioning can be viewed *a posteriori* as a decomposition of the signal in amplitude and/or frequency modulated components. We also show that, thank to their good localization properties, the reassigned time-frequency distributions can be useful for chirp detection problems, such as the gravitational wave one.

Keywords: Time-frequency and time-scale analysis – Reassignment method – Short-time Fourier transform – Spectrogram – Wigner-Ville transform – Wavelet – Reassignment method – Non-stationarity – Instantaneous frequency – Partition of the time-frequency plane – Gravitational wave detection