

**TFR 1.0: UN LOGICIEL INTEGRE D'ANALYSE TEMPS-FREQUENCE
ET TEMPS-ECHELLE DE SIGNAUX NON STATIONNAIRES.**

B. FERGANI, L. FERGANI, B. SANSAL

USTHB, Institut d'Electronique
Laboratoire de Traitement du Signal
B.P 32, El Alia, Bab Ezzouar, ALGER, ALGERIE

RÉSUMÉ

ABSTRACT

Cet article présente la description d'un logiciel qui permet le calcul et la visualisation de plusieurs représentations temps-fréquence (DWV, Transformée de Choi-Williams, Transformée de Z.A.M, etc...) et temps-échelle (Transformée en Ondelettes Orthogonales et Non Orthogonales), et inclut un certain nombre de fonctions auxiliaires (utilitaires). Développé sur un micro-ordinateur de type IBM PC/AT ou PS/2, sa présentation sous forme de menus déroulants interactifs et multifenêtrés permet à des utilisateurs non spécialistes d'appréhender le domaine d'analyse temps-fréquence et temps-échelle de signaux simulés (générés par le logiciel) et réels (importés par les utilisateurs).

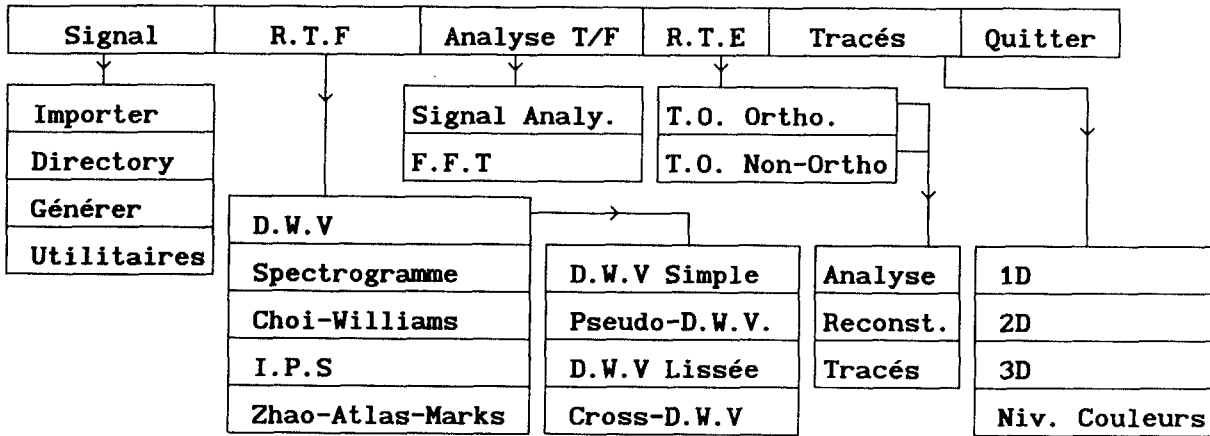
I> INTRODUCTION

L'étude des Représentations Temps-Fréquence (R.T.F) et Temps-Echelle (R.T.E) (transformée en ondelette) connaît depuis ces dernières années un regain d'intérêt sans cesse croissant [1]. Bien que l'utilité et l'importance de telles méthodes soient aujourd'hui bien reconnues, le choix de la représentation temps-fréquence ou temps-échelle la mieux adaptée à l'application envisagée n'est pas évident. Les logiciels dédiés au calcul de ces représentations [2],[3] et [4] ont pour but d'aider le chercheur à choisir une méthode particulière. Cependant, les références [2] et [3] s'articulent principalement autour de la RTF de Wigner-Ville et du spectrogramme ou à certains traitements qui leurs sont associés (synthèse) [4], alors que la référence [2] de loin la plus complète n'intègre pas les représentations temps-échelle (ondelettes). Dans cette communication, nous présentons un logiciel intégré, interactif et convivial d'analyse temps-fréquence et temps-échelle de signaux non stationnaires.

This paper describes an interactive and integrated software for time-frequency and time-scale signal analysis. This first version permits until now to compute and plot several time-frequency (DWV, Choi-Williams, Z.A.M, etc...) and time-scale (Orthogonal and Non-Orthogonal versions) representations, and includes a number of auxiliary functions (Utility tools). Developed on a personal computer IBM PC/AT or PS/2, its menu presentation allows no specialist users to interact with the Time-Frequency Representations (TFR) and wavelet signal processing. The signals are either built in the software or imported from the real world by the users.

II> STRUCTURE GENERALE DU LOGICIEL

Le logiciel est organisé sous forme de menus déroulants, multifenêtrés et interactifs. Nous avons concentré nos efforts à réaliser un environnement intégré de telle sorte que l'utilisateur puisse, tout en restant dans le même logiciel, générer des signaux tests, évaluer leurs représentations temps-fréquence ou temps-échelle associés, puis visualiser le signal temporel, sa représentation fréquentielle ou bien la représentation temps-fréquence ou temps-échelle calculée. Il est également offert une aide en ligne qui permet de guider un utilisateur non spécialiste à répondre aux différentes questions que pose chaque menu du logiciel. Cette aide en ligne est possible grâce à un jeu de paramètres implicites, indiqués en bas de chaque écran. La structure générale du logiciel est donnée par la figure suivante:



III> DESCRIPTION DES DIFFERENTS MODULES

III-1) Le Module "SIGNAL"

Ce module offre plusieurs possibilités permettant de manipuler des fichiers de données (signaux). Ainsi, on peut acquérir des signaux du "monde extérieur" au logiciel (signaux de parole ou signaux ECG par exemple) ou générer des signaux simulés de diverses lois de modulations ou présentant différents types de non stationnarités.

III-2) Le Module "R.T.F"

Ce module comprend 5 options correspondant aux différentes RTF implantées dans ce logiciel [6] et [7]. Parmi les différents paramètres que doit spécifier l'utilisateur (nom de fichier source et destination, le pas de calcul temporel), il est offert un choix entre plusieurs types de fenêtres de pondération (d'analyse et de lissage). Pour des raisons de rapidité de calcul et d'espace mémoire le calcul de chaque spectre instantané est stocké sur disque.

III-3) Le Module "Analyse T/F"

Ce module permet d'effectuer actuellement, soit une analyse temporelle (évaluation du signal analytique) ou fréquentielle (densité spectrale par FFT) d'un signal test ou importé par l'utilisateur.

III-4) Le Module "R.T.E"

La transformée en ondelettes est une transformation linéaire qui apparaît comme la projection du signal $x(u)$ sur la famille de fonctions $h_{a,b}(t)$ générées à partir d'une fonction unique h appelée ondelette analysante. Notre logiciel offre la possibilité de calculer deux versions discrètes de la transformée en ondelettes:

1> Version Non-Orthogonale (T.O.N.O):

Deux options sont proposées par le menu T.O.N.O:

Option Analyse:

Pour des signaux à temps-discret et avec un pas d'échantillonnage de 1 :

$$T_x(m,n) = \sum_{i=0}^{N-1} h(a_0^{-m} \cdot i - n \cdot b_0) \cdot x(i)$$

Nous avons fixé: $a_0=2; b_0=1$

Notre logiciel offre le choix entre trois ondelettes : Ondelette de Morlet, "Chapeau Mexicain" et Gaussienne. Ces Ondelettes sont stockées sous forme de fichiers de 64, 128 ou 256 points; Ce qui en particulier facilite l'ajout d'autres ondelettes analysatrices à celles déjà existantes.

Option Reconstruction:

Nous offrons la possibilité via cette option de reconstituer le signal à partir de ses coefficients (en totalité ou en partie).

2> Version Orthogonale:

L'Orthogonalité entraîne que l'implémentation peut se faire suivant l'algorithme récursif de S.Mallat [5].

Option Analyse:

L'approximation et le signal de détail au niveau $j+1$ sont obtenus à partir de l'approximation au niveau j par convolutions et décimations. L'approximation de niveau 0 étant bien évidemment le signal à analyser. Les coefficients d'ondelettes seront donnés

par les signaux de détails et la transformée en ondelettes par la donnée de tous les signaux de détails et du dernier signal d'approximation.

Cet algorithme nécessitant la donnée des filtres h et g , notre logiciel offre le choix entre les Filtres Miroirs en Quadrature, Conjugués en Quadrature ou Biorthogonaux. Les coefficients de filtres sont stockés dans des fichiers appelés par le programme analyse suivant le choix donné par l'utilisateur.

Option Reconstruction:

Il est possible de reconstruire le signal à partir de sa transformée en ondelettes grâce à un schéma dual de celui utilisé en analyse.

Option Tracé:

Cette option est commune aux deux versions de la transformée en ondelettes. Elle présente trois possibilités:

-Tracé de la transformée en ondelettes.

-Tracé de la transformé en ondelettes avec des signaux interpolés

-Tracés simultanés de la transformée en ondelettes, du signal analysé et du signal reconstruit.

III-5) Le Module "TRACES"

Ce module comprend des utilitaires graphiques qui permettent de:

- Visualiser la représentation temporelle ou fréquentielle d'un signal. Après tracé, il est offert la possibilité d'effectuer un zoom sur une portion du signal choisie par l'utilisateur.

- Visualiser une ou plusieurs RTF d'un même signal ou de signaux différents en 2D, 3D ou en niveaux de couleurs.

- Réduction du format du tracé ou son déplacement par l'intermédiaire des touches de directions. Il est également possible dans cette option de modifier certains paramètres du tracé comme le nombre de graduations en temps et/ou en fréquence, l'amplitude des spectres instantanés, etc ...

VI> EXEMPLES D'APPLICATIONS

Pour illustrer la description de notre logiciel nous donnons ces quelques exemples d'application. La figure (Fig.1) présente un tracé simultané de plusieurs RTF d'un même signal bicomposantes. Ainsi, ce type de visualisation permet de comparer aisément les performances de plusieurs RTF. La figure (Fig. 2)

représente le tracé simultané du signal (somme de deux sinusoides + une discontinuité), du signal reconstruit et de la T.O.N.O. On y distingue les deux fréquences et la discontinuité sur des échelles différentes. La figure (Fig.3-b) représente la T.O.O. du signal de la figure (Fig.3-a).

V> CONCLUSIONS

Nous avons présenté dans cette communication la description d'un logiciel intégré d'analyse temps-fréquence et temps-échelle de signaux non stationnaires. Nous avons concentré nos efforts à réaliser un environnement intégré, interactif et convivial tant au niveau de la gestion des données qu'au niveau de la présentation des résultats. Sa conception modulaire permet une extension aisée à d'autres fonctions (ajout d'autres transformées RTF ou RTE, développement d'autres fonctions graphiques, etc...). Etant donné ses nombreuses possibilités, ce logiciel peut être utilisé pour l'Enseignement Assisté par Ordinateur (E.A.O), dans le cadre de travaux pratiques du traitement numérique du signal par exemple, ou être un outil d'aide pour la conduite de projets de recherches.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] L. Cohen, "Time-Frequency Distributions: A Review", Proc. of the IEEE, Vol. 77, No 7, July 1989.
- [2] B. Boashash et al., "The PC-TFSA Software Package", Queensland University of Technology, CRISSP Lab., 1990.
- [3] F. Peyrin et al., "Description d'un logiciel d'analyse temps-fréquence", 12^{ème} Colloque GRETSI, Juan les Pins, Juin 1989.
- [4] T.P. Zielenski, "Personal computer development system for Wigner-Ville transform and its applications", EUSIPCO 1988.
- [5] S. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation", IEEE Trans. PAMI, Vol.11, No.7, July 1989.
- [6] L. Fergani, "Analyse temps-fréquence et temps-échelle de signaux non stationnaires", Thèse de Magister, USTHB, Inst. d'Electronique, Juin 1992.
- [7] B. Fergani, "Application de la Distribution de Wigner-Ville à l'analyse de signaux non stationnaires", Thèse de Magister, Inst. d'Electronique, USTHB, Juin 1992.

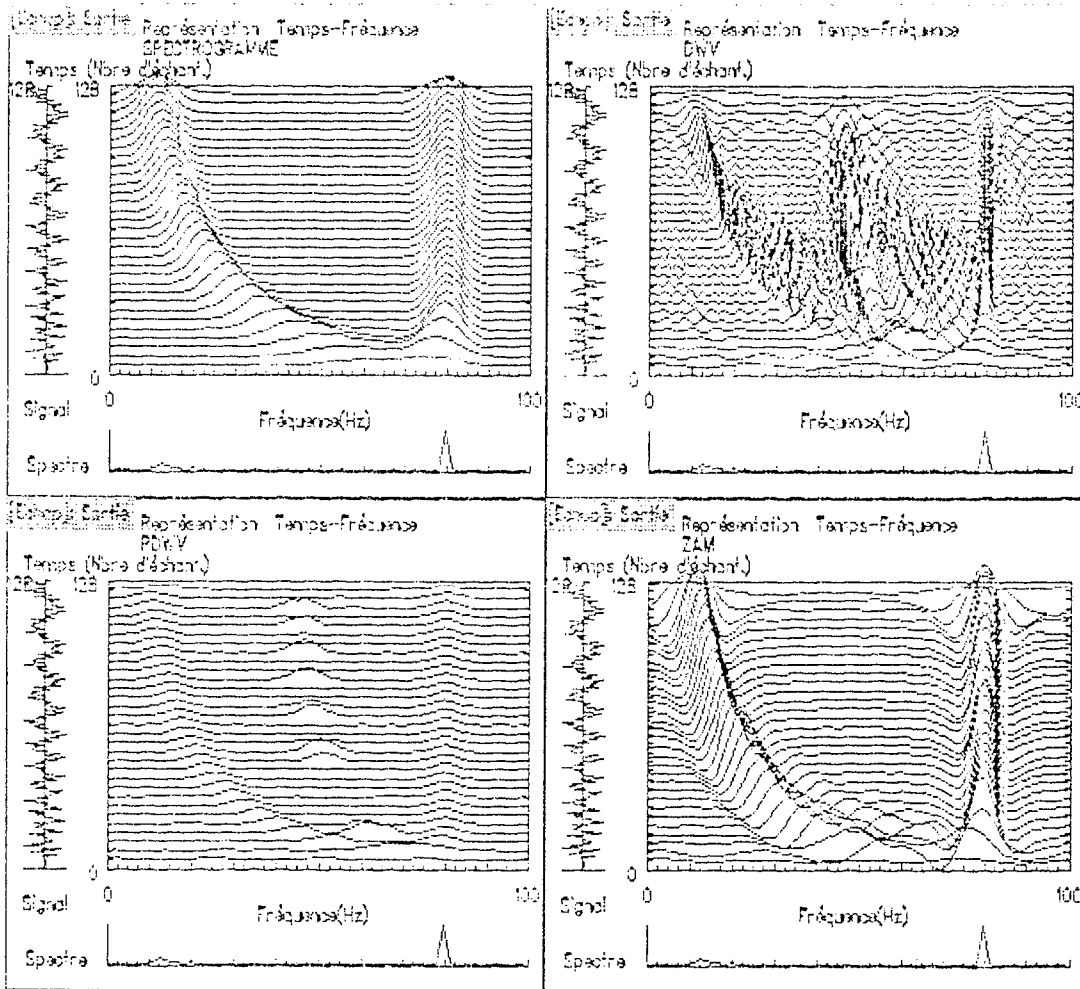


Fig. 1

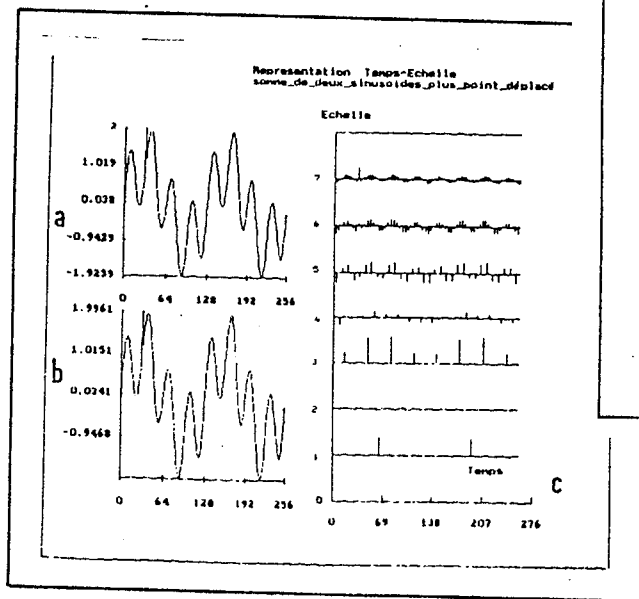


Fig. 2

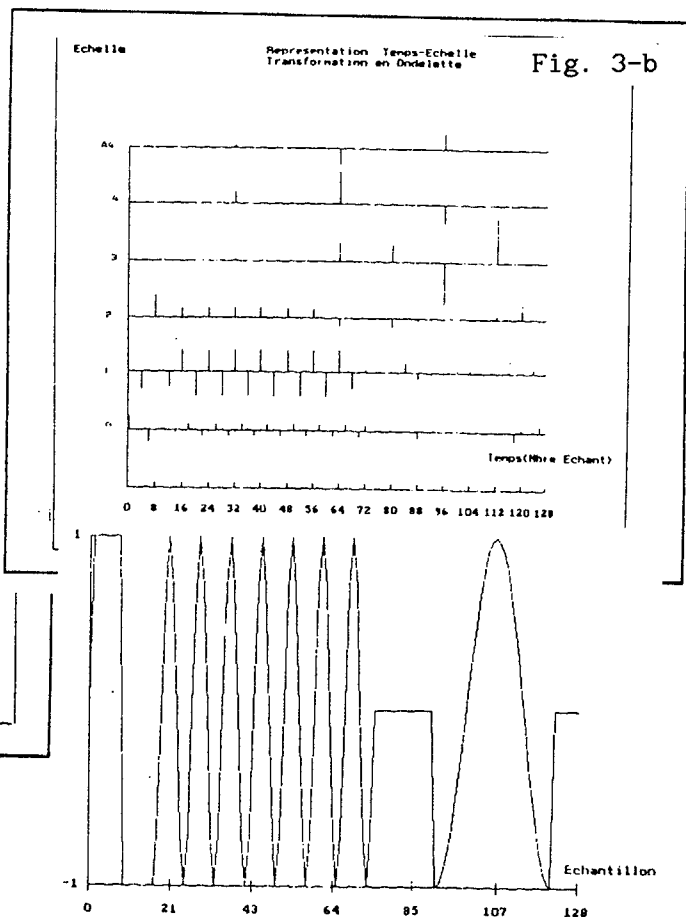


Fig. 3-b

Fig. 3-a