

# DIXIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS



NICE du 20 au 24 MAI 1985

---

## PROJET DE BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE DE LOGICIELS DE TRAITEMENT DU SIGNAL

M. BELLANGER et F. GAUTIER

LSS - C.N.R.S./E.S.E.  
Plateau du Moulon, 91190 GIF sur Yvette

---

### RESUME

Le but de ce projet est de rassembler des programmes et des fichiers utiles pour l'enseignement et les travaux universitaires dans le domaine du traitement du signal. Dans la classification de ces logiciels cinq catégories ont été distinguées et une liste de rubriques est donnée pour chaque catégorie. Quelques règles élémentaires de programmation sont mentionnées ainsi que le contenu de la documentation qui devrait accompagner chaque programme.

### SUMMARY

The purpose of the project is to collect routines and files useful for scientists and teachers in the field of signal processing. Five different topics are distinguished and a list of specific items is provided. A few elementary programming rules are edicted and the contents of the documentation which should go with each peace of software are outlined.



PROJET DE BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE DE  
LOGICIELS DE TRAITEMENT DU SIGNAL

## I. INTRODUCTION

Le traitement du signal a donné lieu à l'élaboration de nombreux logiciels qui constituent des outils de base pour les laboratoires et représentent une importante accumulation de savoir-faire.

En tant que discipline scientifique, le traitement du signal a atteint un certain niveau de maturité et un ensemble de techniques fondamentales se dégage maintenant. Cette maturité se traduit par l'introduction dans l'enseignement des écoles d'ingénieurs et de l'université. Aussi apparaît-il particulièrement opportun et utile pour la communauté scientifique de ce domaine, d'entreprendre une action de regroupement et de diffusion de logiciels de traitement du signal.

Le présent projet a pour but de rassembler des programmes et des fichiers utiles pour l'enseignement et les travaux universitaires, qui se présentent comme des modules indépendants, documentés, mis en place d'une part au centre de calcul de l'Ecole Supérieure d'Electricité (système VAX 780), d'autre part au centre de calcul du CNRS à Orsay (CIRCE) et également pour certains, sur un système HP 1000 de Laboratoire. Par rapport aux logiciels déjà disponibles et commercialisés dans le domaine [1,2], et qui sont axés principalement sur la manipulation des signaux, c'est l'aspect scientifique qui caractérise le présent projet, avec une recherche de couverture relativement générale des techniques de traitement.

## II. CLASSIFICATION DES LOGICIELS

La classification proposée a comme ligne directrice la suite des besoins que peut avoir un utilisateur, enseignant ou chercheur, depuis la source des signaux jusqu'aux manipulations et opérations qui achèvent ses travaux. Cinq catégories principales ont été distinguées qui sont les signaux, les fonctions et algorithmes, la conception de filtres, l'analyse et la manipulation de signaux. Une liste de rubriques qui pourraient rentrer dans chaque catégorie est donnée ci-dessous à titre indicatif.

### A. SIGNAUX

#### A.1. Génération de signaux synthétiques

- . Signal sinusoïdal
- . Bruit uniforme
- . Bruit de Rayleigh
- . Séquence pseudo-aléatoire
- . Génération de 2 bruits gaussiens indépendants.

#### A.2. Fichiers de signaux naturels

- . Parole ; phrases de référence en français  
phrases de référence en anglais
- . Musique
- . Images
- . Signaux vibratoires
- . Signaux de communication et de détection
- . Signaux biologiques (ECG-EEG).

### B. FONCTIONS ET ALGORITHMES

- . Quantification
- . Calcul de rapport signal à bruit
- . Réponse en fréquence associée à  $H(Z)$
- . Calcul des racines d'un polynôme en  $Z$
- . Calcul des coefficients d'un polynôme à partir des racines
- . Produit de polynômes
- . Réponse impulsionnelle de  $H(Z)$

- . Fonctions fenêtres
- . Interpolation de Lagrange
- . Algorithme de Transformation de Fourier Rapide (TFR)
  - avec radical 2
  - avec radical 4
  - avec double radical
  - pour une suite réelle
  - pour une suite réelle symétrique
  - transformée en cosinus
  - transformée en sinus
  - à deux dimensions
- . Algorithme de Winograd
- . Calcul matriciel
  - déterminant
  - inversion
  - produit de deux matrices
  - calcul de valeurs propres
  - matrice des vecteurs propres
- . Algorithme des moindres carrés
  - algorithme global
  - algorithme itératif
  - algorithmes MCR (Moindres Carrés Rapides)

### C. CONCEPTION DE FILTRES

- . Filtres à Réponse Impulsionnelle Finie (RIF)
  - Calcul des coefficients pour phase linéaire
  - Calcul de filtre demi-bande
  - Calcul de filtre de quadrature
  - Calcul de coefficients pour phase minimale
  - Avec limitation du nombre de bits des coefficients
  - Calcul des coefficients pour filtre à 2 dimensions
- . Filtres à Réponse Impulsionnelle Infinie (RII)
  - Calcul des coefficients pour filtre passe-bas de Butterworth-Tchebycheff-Elliptique
  - Transformation d'un passe-bas
  - Déphaseur à  $90^\circ$
  - Calcul des coefficients par technique itérative
  - Décomposition en cellules du 2<sup>e</sup> ordre
  - Limitation du nombre de bits des coefficients
  - Filtres à 2 dimensions
- . Calcul de structures en treillis
- . Filtres d'onde
- . Calcul de bancs de filtres

### D. ANALYSE DES SIGNAUX

- . Calcul de puissance
- . Histogramme
- . Corrélation
- . Fonction d'ambiguïté
- . Calcul des coefficients de prédiction linéaire
- . Calcul des coefficients de réflexion
- . Analyse spectrale directe
  - Périodogramme
  - Corrélogramme
- . Analyse spectrale paramétrique
  - Décomposition en fréquences pures (Pisarenko-Prony)
  - Maximum de vraisemblance
  - Modélisation AR-ARMA
- . Analyse cepstrale
- . Caractéristiques de non-stationnarité
- . Calcul de distorsion globale par fonction cohérence

### E. MANIPULATION DE SIGNAUX

- . Filtrage RIF
- . Filtrage RII
- . Transformations orthogonales
  - Fourier
  - Sinus, cosinus
  - Karhunen-Loeve



PROJET DE BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE DE  
LOGICIELS DE TRAITEMENT DU SIGNAL

- . Filtrage adaptatif par gradient
- . Filtrage adaptatif MCR
- . Déconvolution

### III. NORMES - DOCUMENTATION - AVANCEMENT

Le présent projet a seulement pour but la constitution d'une bibliothèque de programmes. Il ne s'agit donc pas d'aboutir à des logiciels de type commercial, d'utilisation directe, avec des performances garanties, parfaitement documentés et maintenus. Ici l'utilisateur est supposé posséder les compétences, en programmation et en traitement du signal, nécessaires pour incorporer les programmes de la bibliothèque dans ses propres logiciels, éventuellement les adapter, et en tirer le meilleur parti.

Quelques normes élémentaires de programmation doivent cependant être respectées ; celles qui apparaissent nécessaires ou utiles sont les suivantes [3] :

- . Le langage retenu est le FORTRAN
- . En tête de chaque programme doivent figurer les commentaires suivants :
  - Glossaire des paramètres d'entrée, de sortie et des variables internes, avec des noms suffisamment explicites
  - Articulations principales de la procédure
  - Points particuliers
- . Liaisons avec les sous-programmes :
  - Afin de faciliter la réutilisation des sous-programmes les instructions "COMMON" doivent être évitées et il est recommandé de réduire les tableaux à une seule dimension (dimensionnement variable)
- . Des tests de cohérence des paramètres sont utiles en début de programme ou sous-programme
- . Un programme de test avec les entrées et les sorties attendues doit être fourni.

La documentation est évidemment un élément important pour l'utilisation facile et efficace d'un programme. Une documentation même succincte devrait comporter les rubriques suivantes :

- . Un rappel de la méthode utilisée avec bibliographie
- . Les conditions d'utilisation
- . Un guide d'utilisation avec glossaire des variables
- . Des éléments sur les performances attendues
- . Nom et adresse de l'auteur du programme ou d'une personne capable d'apporter une certaine assistance à l'utilisation du programme.

Avec ces quelques règles, ainsi documentés et commentés, les programmes de traitement du signal devraient être accessibles et utiles à beaucoup de laboratoires.

Pour ce qui est de l'avancement de ce projet, un certain nombre de fonctions, algorithmes et programmes sont actuellement disponibles. L'évolution de ce début de bibliothèque se fera par des apports en provenance de tous ceux qui auront à coeur de mettre les résultats de leurs travaux à la disposition de la communauté du Traitement du Signal et qui trouveront avantage à utiliser le contenu d'une telle bibliothèque.

Dans l'avenir, la rubrique "Informations" de la revue "Traitement du Signal" pourrait être un moyen de diffusion de l'information sur l'avancement de cette bibliothèque.

### BIBLIOGRAPHIE

- [1] Signal Technology Inc., "ILS (Interactive Laboratory System) Technical Manuel", California, USA, 1983.
- [2] M. KUNT, "Atelier de Traitement Numérique des Signaux", Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, Suisse, 1984.
- [3] J. MARIANI, CNRS-GRECO, Communication parlée, Appel d'offre "Logiciel d'Analyse, Nov. 1984.

