

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : ELECTRONIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

PROCESSUS GENERATEUR
DE
SIGNAUX ALEATOIRES

Proposé par :

Mr. BOGDAN KACPRZYNSKI

Etudié par :

DEMIAÏ ABDELMALEK

Dirigé par :

Mr. BOGDAN KACPRZYNSKI



PROMOTION : JUIN 84



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT ELECTRONIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

PROCESSUS GENERATEUR
DE
SIGNAUX ALEATOIRES

Proposé par :

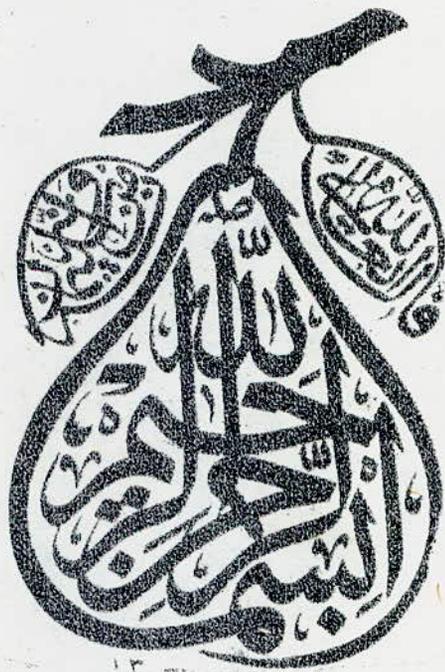
Mr. BOGDAN KACPRZYNSKI

Etudié par :

DEMIÄ ABDELMALEK

Dirigé par :

Mr. BOGDAN KACPRZYNSKI



A mon père

A ma mère



E M E R C I E M E N T S

ns à remercier, ceux de mes enseignants qui ont
bué, à ma formation, et particulièrement
ur KACPRZYNSKI, de m'avoir dirigé dans mon travail,
voir ménagé aucun effort dans ce sens, et surtout
es précieux conseils ; Ainsi que ceux qui ont par-
s à la réalisation et à la confection de ce Manus-
sans oublier Mr A. DJERFFAF, Melle S. TALEB,
AIT-SAHED, et Mr. A. MOUSLI.

III O M M A I R E

DUCTION

! : Généralités

Signaux aléatoires

Notion de processus aléatoires

Analyse de la parole

Fenêtrage

Problème posé

Génération de mites aléatoires auto-corrélées

! : Identification

Notion de processus et de modèle

Différents types de modèle

Etapes de la modélisation

Types de distances objet - modèle

- : Algorithme récurrentiel d'identification

Processus auto-régressif

Algorithme d'identification

Schéma de l'Algorithme

- : Méthode de programmation

Intérêt du choix

Tableaux de valeurs expérimentales

Algorithme

Organigrammes

Programme

Conclusion

INTRODUCTION :

La simulation sur ordinateur numérique est une des techniques les plus utilisées, dans la recherche, elle consiste à représenter, le fonctionnement d'un système modélisé.

Dans la majeure partie des cas on utilise, des modèles auto-régressifs, pour représenter ces phénomènes.

Les domaines les plus intéressés par ce type de processus, la reconnaissance de la parole, les modèles économiques, le génie biomédical, et l'identification des processus industriels.

L'intérêt de ce type de processus réside, par le fait que nous pouvons par programme, sur microprocesseur, traiter ce type de problèmes.

Le cas le plus simple à envisager, est l'analyse, et la reconnaissance de la parole.

Plusieurs chercheurs se sont dirigés, vers ce domaine dans ses différents axes qui sont : le traitement et la reconnaissance de la parole, et de la robotique entre autre.

L'importance du traitement de la parole, résulte essentiellement par le fait, que les technologies d'entrée/sortie vocales devraient s'affirmer, dans le futur et entraîner peu à peu la disparition des claviers alphanumériques, pour devenir le mode de communication privilégié, entre l'homme et la machine. Le domaine du traitement de la parole est immense, nous n'en effleurerons qu'une partie.

La parole est d'une complexité extrême, et une des caractéristiques les plus cruciales est sa non-stationnarité. Pour pouvoir l'étudier nous segmenterons notre signal, en fenêtre, pour garantir sa stationnarité.

Vue les contraintes de temps, de moyens et de documentation, on a décidé de faire l'analyse avec un algorithme proposé, d'un processus artificiel, avec des paramètres connus, d'un processus réel, qui est l'analyse fréquentielle de la lettre b ; que nous avons enregistré, au moyen d'un enregistreur grand public, et pré-traité par analyseur de spectre.

On a analysé par différentes méthodes d'identification, les processus autorégressifs (AR), par la suite on s'est penché sur un algorithme fonctionnant en mode séquentiel, car l'essentiel dans l'identification des processus est le choix des nombres de paramètres à déterminer.

Le nombre de paramètre détermine la structure de calcul.

1. Généralités :

1.1 Signaux aléatoires :

L'importance des signaux aléatoires, réside surtout par le fait que, en théorie du signal, nous utiliserons des fonctionnelles définies sur tout l'axe des temps, telles que les transformations de Fourier, et de Hilbert.

Physiquement pour obtenir, une approximation, nous avons donc à tronquer notre espace. On borne donc notre domaine, ceci sera appliqué à :

- La réception des signaux inconnus donc traités comme aléatoires.
- L'utilisation de signaux auxiliaires dans les équipements de transmission, ceci fait que nos signaux seront traités comme aléatoires.

On distingue donc : les signaux utiles, et les bruits.

1.2 Notion de processus aléatoire :

Nous voulons étudier une source de bruit, pour ramener cette étude à une étude probabiliste, nous devons considérer un ensemble, infini de sources, mais dénombrables, que nous soumettrons aux mêmes conditions. Ainsi, on peut considérer, que chaque fonction émise par l'une des sources, comme étant le résultat d'un triage aléatoire, parmi un ensemble probabilisé.

Cet ensemble probabilisé, sera appelé : processus aléatoire, ou processus stochastique.

Chacune de ces fonctions sera la réalisation du processus. Ce sera donc une fonction certaine, dont on s'intéressera, à la description globale et probabiliste de leur ensemble.

1.3 Analyse de la parole :

L'analyse de la parole consiste, essentiellement dans la considération, des signaux de la parole humaine comme, étant la réponse d'un filtre linéaire (le canal vocal), à une certaine excitation mécanique.

Le canal vocal est constitué par la cavité bucale.

La mise en oeuvre des cordes vocales, pour la génération de sons s'appelle le *voix ment*, les sons seront dit *voisés*.

La caractéristique du signal de la parole, n'étant stationnaire, pour son analyse nous devons le segmenter en fenêtres temporelles, de 10 à 20 ms. Ce qui nous assurera sa stationnarité.

L'analyse se fera sur chaque fenêtre, successivement. Notre signal, sur chaque fenêtre, sera discrétisé, en une suite numérique, que nous échantillonnerons à des fréquences modulo $N_e = \frac{1}{T_e}$, à la période d'échantillonnage T_e .

1.4 Fenêtrage :

Après la considération du signal de la parole comme étant la réponse d'un filtre linéaire, et la nécessité de, tronquer le signal de la parole en fenêtres, il est nécessaire, de voir le lien entre la réponse d'un filtre et la notion de fenêtre.

La réponse fréquentielle d'un filtre (H_0, H_1, \dots, H_{N-1})

$$H_k = H(k) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n) e^{-jn \frac{2\pi}{N} k}$$

Les modules de la fonction de transfert du filtre pour les fréquences $\frac{(k-1)}{NT}$ Hz nous avons (h_0, h_1, \dots, h_{N-1}) telles que :

$$h_k = h(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} H(n) e^{jn \frac{2\pi}{N} k}$$

formule de la transformée de Fourier discrète inverse.

Par sa fonction de transfert en Z .

$$H(z) = \sum_{k=0}^{M-1} h(k) z^{-k}$$

Il est plus aisé de raisonner sur l'enveloppe continue du spectre discret.

Le fenêtrage correspond donc à un lissage, du spectre.

Il existe plusieurs type de fenêtre figurant dans la planche 1.

✓ Les fenêtres les plus couramment utilisés sont représentées ci-dessous :

Cependant la fenêtre la plus utilisée est celle de hamming, car le signal tronqué, est obtenu par convolution du spectre initial par une fonction sinus cardinal, ce qui introduit des irrégularités, due à la nature de l'opération.

Le but essentiel du fenêtrage, réside surtout sur le fait qu'il nous assure la stationnarité du signal, à analyser dans cet intervalle de temps qui est de 20 à 30 ms.

1.5 Problème posé :

Nous avons vu que, dans l'introduction, le signal de la parole, est non-stationnaire. Sous certaines conditions, énoncées, on considère la parole de signal quasi-stationnaire.

Ceci signifie que, le signal n'est pas stationnaire, chose évidente à l'oreille même, qui entend une succession de sons différents, mais ceci signifie qu'on peut aussi, en ne le considérant que sur une durée réduite, prendre le signal comme stationnaire.

Pour traiter la parole, on part de considérations acoustiques. La présence de résonance implique l'emploi d'un modèle possédant des pôles.

Ce modèle peut être donc le modèle auto-régressif (AR) ou le modèle auto-régressif à moyenne ajustée, (ARMA), correspondant successivement aux équations stochastiques de différence suivantes : (1) et (2)

$$y(k) = \sum_{i=1}^N a_i y(k-i) + w(k) \quad (1-1-5)$$

$$y(k) = \sum_{i=1}^N a_i y(k-i) + \sum_{i=1}^p b_i w_i(k) \quad (2-1-5)$$

La différence existant, entre le modèle AR et le modèle ARMA est lié à la nature de la séquence $w(k)$ qui est respectivement de la forme suivante :

$$w(k) = w_k \quad (3-1-5)$$

$$w(k) = \sum_{i=1}^p b_i w_i(k) \quad (4-1-5)$$

comme le signal $y(k)$ est scolaire, le modèle Markovien n'est pas à envisager ; et le modèle Markovien, équivalent au modèle ARMA.

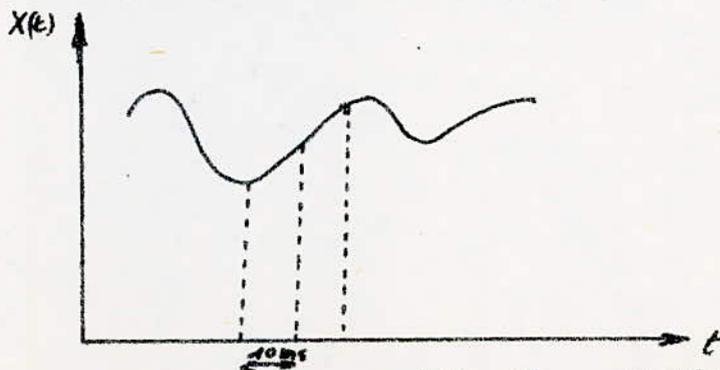
L'unicité du modèle (1) et (2), impose à $w(k)$ d'être un bruit blanc, et qu polynôme $A(z)$ et $B(z)$ d'avoir leurs racines à l'intérieur du cercle unité :

$$A(z) = 1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_N z^{-N}$$

$$B(z) = b_0 + b_1 z^1 + \dots + b_p z^p$$

pour un signal purement résonnant, on emploie le modèle AR (1), c'est le cas pour les voyelles non nasalisées, et des son non-voisées. Pour les sons nasalisés, le modèle correct est le modèle ARMA (pôle-zéro).

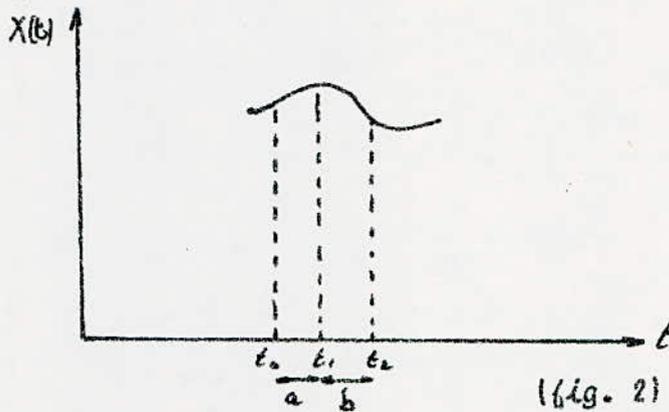
C'est à un niveau grossier, seulement, d'approximation qu'on pourra considérer, certains segments comme étant stationnaire, et qualifier la parole de signal quasistationnaire (fig.1)



(fig. 1) - représentation du signal de la parole.

Pour rester dans le domaine de stationnarité, nous devons donc, considérer des segments de 10 ms, ce qui correspondrait à une fréquence de 10 khz, et par la suite assurerait la quasi-stationnarité du signal de la parole.

Notre signal analogique, sera donc connu à des instants discrets (fig. 2)



(fig. 2)

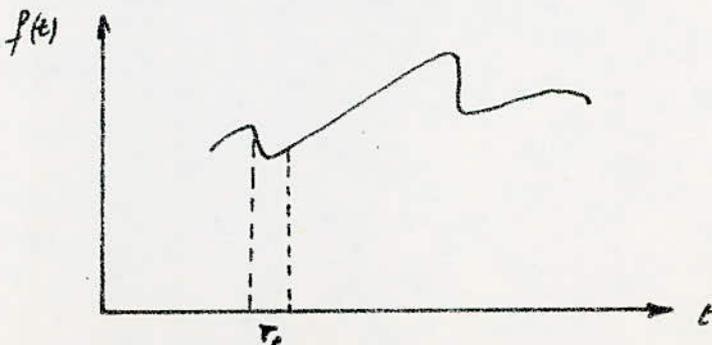
Troncature du signal

La forme paramétrique pour une période de 10 ms. sera par exemple $s_1(t)$ pour $t \in [t_0, t_1]$, il en sera de même pour les autres segments.

Cependant le théorème de Shannon nous assure que sous certaines conditions, un signal analogique à spectre borné, est complètement déterminé, si on le connaît à des temps discrets.

1.5.1 Théorème de Shannon :

Pour pouvoir reconstituer un signal continu à partir d'un train d'échantillons de périodes T_e , il faut que la pulsation, d'échantillonnage, soit de valeur au moins deux fois, plus élevée que la plus grande valeur de la pulsation contenue dans le signal, que l'on échantillonne, (fig. 3)



(fig. 3)

$$\delta(t) \quad \forall t \quad \text{avec } n = 0, 1, 2, \dots$$
$$\delta(nT) = \delta(t) S(t - nT)$$
$$\delta^*(nT) = \sum_{n=0}^{\infty} \delta(nT) S(t - nT)$$

1.5.2 Influence de la fréquence d'échantillonnage sur K :

On définit K comme étant, un échantillon de points.

L'analyse du signal, est réalisée, en le découpant en bande de fenêtre de longueur égales :

$$t_1 - t_0 = 10^{-2} \text{ ms}$$

Le choix de cette longueur est fixée par un compromis, entre les exigences de la précision, conduisant à accroître le nombre des observations, et allonger la fenêtre pour réduire la variance des quantités estimées, et les exigences du signal pour arriver à la stationnarité.

Ces exigences conduisent à une contradiction, entre les durées typiques des plosives, quelques millisecondes à des centaines de millisecondes.

Le nombre des échantillons compris dans chaque fenêtre est alors fixé, dès que la fréquence d'échantillonnage l'est.

Il est plus aisé de prendre des fenêtres se recouvrant partiellement que des fenêtres disjointes.

Pour une fenêtre de durée 10-2ms, et à une fréquence d'échantillonnage de 10kHz, le nombre d'échantillons sera 100, d'où le tableau de variation d'échantillons en fonction de la fréquence d'échantillonnage :

f _{ech}	6	8	10	20
nombre d'échant.	60	80	100	200

Donc le nombre d'échantillons varie, dans le même sens que la fréquence d'échantillonnage et cela pour une durée de fenêtre fixée.

1.5.3 Influence de la largeur de la fenêtre sur k :

Lors de l'analyse du signal de la parole, on opère sur des séquences, de ce signal, de durée comprise entre 20 et 40 ms. Les caractéristiques, de la parole sont supposés fixes, après le traitement de chaque segment du signal séparé.

Mathématiquement, on représente cette technique de traitement par la relation suivante :

$$Q_n = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} T[sc(n)]w(n-m)$$

où T est une transformation et $w(n-m)$ est une fenêtre de durée limitée.

La largeur de la bande de la fenêtre décroît quand le nombre d'échantillons croît.

Dans notre cas, pour une fréquence d'échantillonnage de 10k-Hz, et une fenêtre de 10ms, l'échantillon N est de 100.

Ce qui serait intéressant, de voir serait non pas la durée de la bande de la fenêtre, mais le décalage entre deux fenêtre successives.

Car, il y a un paramètre à régler ;

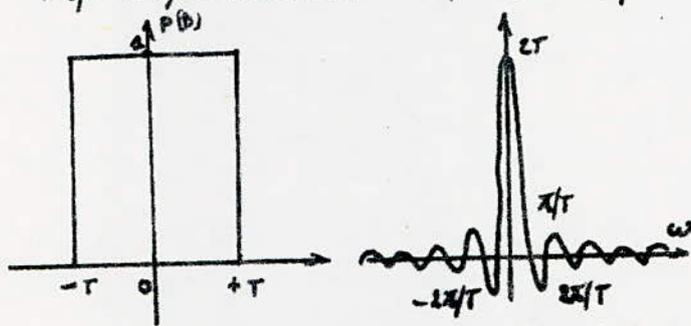
Il est d'usage de prendre de fenêtres disjointes. Les valeurs moyennes du recouvrement ont été fixées, empiriquement, les expérimentateurs s'accordent sur une gamme de 40 % à 50 %.

1.5.4. Influence de la nature du bruit :

Nous avons vu que pour les voyelles non nasalisées et des sous-non voisés, on choisissait le modèle AR. Il subsiste cependant une restriction, sur l'emploi du modèle AR sur les voyelles : les impulsions des cordes vocales, qui constituent l'entrée pour le système linéaire ne sont pas un bruit blanc. Pour contourner ce problème, on dira que : l'entrée est une suite d'impulsions de Dirac, assez éloignées dans le temps pour qu'on puisse admettre qu'on n'observe qu'une impulsion unique dans le créneau de l'auto corrélarien utilisé.

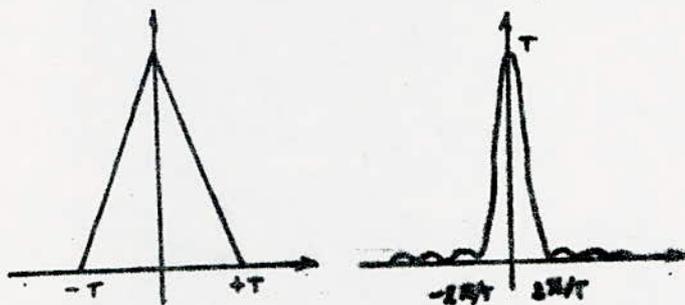
EXEMPLES DE FENETRES

Rep. impulsionnelle. Rep. en fréq.



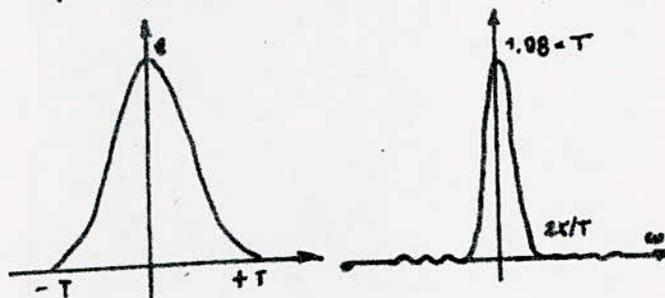
Fenêtre rectangulaire

Rep. impulsionnelle. Rep. en fréq.



Fenêtre triangulaire

Rep. Impulsionnelle. Rep. en fréq.



Fenêtre de Hamming

On aura ainsi l'aspect d'un spectre plat identique à celui du bruit blanc.

Il existe aussi un problème entre la position de la fenêtre relativement aux impulsions glottiques, car ces dernières ne respectent pas l'hypothèse d'une entrée de bruit blanc pour le modèle AR, d'où l'influence de l'estimation des paramètres, par le fondamental.

1.6 Génération de suites aléatoires autocorrélées :

Dans les problèmes de simulation sur ordinateur, pour les phénomènes aléatoires, il nous est nécessaire de générer des échantillons artificiels destinés à représenter les phénomènes aléatoires à l'entrée d'un système physique.

De nombreux algorithmes de génération de suite de nombres aléatoires ont été proposés.

Cependant dans la génération de cette suite de nombres, deux conditions essentielles, ont été retenues qui sont :

- La distribution identique des nombres générés
- L'indépendance stochastique de ces nombres

Pour les processus stochastiques cette notion d'indépendance est nécessaire. Le bruit intervenant, dans notre cas pratique, pourrait être représenté par une suite de nombres pseudo-aléatoires autocorrélés.

On doit noter que, ces suites, doivent satisfaire aux deux propriétés suivantes qui sont :

- 1- L'identité de la distribution de ces nombres suivant une loi de distribution donnée.
- 2- La connaissance de la fonction d'autocorrelation des nombres autocorrélés.

1.4.1 Définition d'un échantillon autocorrélé :

Nous, nous proposons de générer un échantillon x_0, x_1, \dots, x_n d'une suite de variables aléatoires x_0, x_1, \dots, x_n , autocorrélée identiquement distribuées, c'est à dire.

- $x_0, x_1, \dots, x_n \dots$ ont toutes la même distribution ou bien, plus simplement les mêmes moyennes et variances ; si nous ne nous intéressons qu'aux premiers moments.
- La corrélation x_n et x_{n+1} a une valeur donnée indépendante de l'ordre n de la suite c'est à dire =
$$\text{corr}(x_n, x_{n+1}) = \rho \text{ ou } \text{corr}(x_n, x_{n+1}) = \rho V(x_n)$$

En pratique, ce qui importe le plus ce n'est pas la forme de la distribution, mais seulement les premiers moments de la génération de l'échantillon, leur moyenne et leur variance.

L'algorithme général, proposé à mettre en oeuvre est de la forme :

$$x_{n+1} = \rho x_n + y_n \quad (1)$$

où y_n est une suite de réalisations indépendantes, et identiquement distribuées d'une variable aléatoire y dont on doit définir $g(x)$ fonction densité, déterminée de façon à satisfaire aux conditions imposées.

Cet algorithme nous permettra de générer un échantillon x_n d'une suite de variables aléatoires x_0, x_1, \dots, x_n , d'espérance et de variance donnée.

Nous allons donc imposer deux conditions, à ρ et aux premiers moments de la variable aléatoire y .

Comme on ne s'intéresse qu'aux premiers moments des x_n , cette condition se répercute sur y de la relation (1) on aura :

$$E[x_{n+1}] = E[\rho x_n + y] = \rho E(x_n) + E(y)$$

et comme nous imposons :

$$\begin{aligned} E[x_{n+1}] &= E[x_n] = \mu \text{ nous aurons} \\ E(y) &= E(x_n)(1-\rho) = \mu(1-\rho) \quad (2) \end{aligned}$$

d'autre part : x_n et y sont des variables indépendantes :

$$V[x_{n+1}] = \beta^2 V[x_n] + V[y], \text{ l'hypothèse était que :}$$

$$V[x_{n+1}] = V[x_n] = \mathcal{V} \quad V(y) \text{ est donné par :}$$

$$(3) \quad V(y) = (1-\beta^2) V(x_n) = (1-\beta^2) \mathcal{V}$$

y peut être une variable aléatoire de distribution quelconque à condition de satisfaire (2) et (3)

Par la suite nous pouvons calculer l'autocorrélation de la suite donnée qui sera à partir de :

$$x_{n+1} = \beta x_n + y$$

$$\begin{aligned} \text{cov}[x_{n+1}, x_n] &= \text{cov}[\beta x_n + y, x_n] \\ &= \text{cov}[\beta x_n, x_n] + \text{cov}[y, x_n] \\ &= \beta \text{cov}[x_n, x_n] + \text{cov}[y, x_n] \end{aligned}$$

cependant comme : x_n et y sont des variables indépendantes

$$\text{et } \text{cov}[x_n, x_n] = V[x_n] \quad \text{d'où :} \quad \text{cov}[y, x_n] = 0$$

$$\text{cov}[x_{n+1}, x_n] = \beta V[x_n] \quad \text{ou bien } \text{corr}[x_{n+1}, x_n] = \beta$$

car on choisit β de même valeur que l'autocorrélation désirée entre 2 termes consécutifs de la suite à générer.

Pour aller plus loin nous pouvons calculer l'autocorrélation d'ordre p soit ; à partir de (1) d'ordre p :

$$x_{n+p+1} = \beta x_{n+p} + y_{n+p} \quad \text{ainsi :}$$

$$\text{cov}[x_{n+p+1}, x_n] = \beta \cdot \text{cov}[x_{n+p}, x_n + y_{n+p}]$$

comme y et x_n sont des variables aléatoires indépendantes :

$$\text{cov}[y, x_n] = 0 \quad \text{d'où ;}$$

$$\text{cov}[x_{n+p+1}, x_n] = \beta \text{cov}[x_{n+p}, x_n] \quad \text{et de là}$$

comme précédemment :

$$\text{cov}[x_{n+p+1}, x_n] = \beta^p V(x_n) \quad \text{ou alors :}$$

$$\text{corr}[x_{n+p}, x_n] = \beta^p$$

De là on remarque que l'autocorrélation de la suite x_n générée est à décroissance géométrique et β est le coefficient d'autocorrélation à l'ordre.

1.4.2 Application à une distribution particulière :

Si nous avons à appliquer cet algorithme à une distribution gaussienne ; x_n et y ont une distribution gaussienne ;

$x_{n+1} = \beta x_n + y$ suit aussi une distribution gaussienne.

Cet algorithme s'applique en exprimant y suivant une distribution gaussienne, dont la moyenne est :

$$E [y] = (1-\beta)$$

$$\text{et la variance : } V (y) = (1-\beta^2)$$

la génération d'échantillon autocorrélés de moyenne, et de variance données ou de distribution donnée, a un intérêt particulier dans les domaines d'utilisation pratique.

CHAPITRE 2 : Identification

2.1 Notion de processus et de modèle :

On dira qu'un processus physique, dénommé objet, est modélisé si l'on est capable de prédire quel sera son comportement (sortie), lorsqu'il sera soumis à des sollicitations (entrées) connues.

Le modèle sera mathématique, pour des raisons de commodité, afin de pouvoir le simuler sur calculateur numérique.

La modélisation consistera donc à trouver une relation mathématique F qui lie les variables d'entrées et de sortie.

$$F(e, s, P_i) = 0$$

La forme de la relation ci-dessus, définit la structure du système modèle, en faisant intervenir des paramètres P_i dont on ignore généralement, à priori les valeurs numériques.

2.2 Différents types de modèles :

Schématiquement on considère deux types de modèles :

- Modèle de connaissance
- Modèle de représentation

ces deux modèles correspondent à des objectifs différents.

2.2.1 Modèle de connaissance :

Ce premier type de modèle dans sa structure, fait appel aux phénomènes physico-chimiques, donc à des modèles plus généraux.

De par sa structure, les paramètres P_i du modèle de connaissance ont un sens physique : longueur, puissance, énergie, etc...

c'est à dire on est susceptible de les retrouver avec la même signification dans les modèles d'autres processus objets.

La sortie sera donc :

$$S = F(e, a_i)$$

Ce type de modèle est beaucoup plus intéressant du fait que sa représentation contient toutes les informations utiles sur les processus objet, bien qu'ils soient onéreux.

2.2.2 Modèle de représentation :

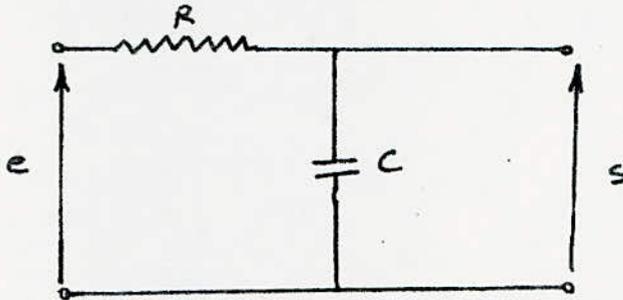
La structure de ces modèles, n'est qu'une relation mathématique, reliant localement les mesures des différentes variables du processus objet.

Ces modèles n'ont donc aucun pouvoir explicatifs de la structure physique de l'objet.

Par la suite les paramètres de cette représentation n'ont donc aucun sens physique connu :

$$S = F(e, P_i)$$

Par exemple, le circuit électrique, de la figure 1 peut être décrit par l'équation différentielle suivante :



(fig.2) - Filtre passe-bas

$$RC \dot{S}(t) + S(t) = e(t)$$

La structure de ce modèle est un modèle de connaissance car les paramètres $T = RC$, $K = 1$ s'expriment par des paramètres qui ont un sens physique (résistance, capacité).

Nous pouvons représenter cette équation, par la représentation discrète échantillonnée :

$$S(n) = a_0 e(n) + a_1 e(n-1) + \dots + a_N e(n-N)$$

et obtenir ainsi un modèle où les paramètres a_i devront être estimés spécifiquement.

Ces modèles, bien que non informatifs, sont cependant suffisants dans les problèmes de traitement de signal, et de commande de processus. Ils sont d'utilisation très fréquente.

2.3 Etapas de la modélisation :

2.3.1 Caractérisation :

Pour choisir le type de structure de notre modèle, qui est la première étape du processus de modélisation, consiste à faire une hypothèse sur la structure du système modèle. Cette étape consiste à choisir un type de relation mathématique F liant entrées et sorties.

Les paramètres structuraux, pour l'instant inconnus, seront déterminés numériquement dans l'étape suivante d'identification.

On pourra être guidé dans le choix de structure par :

- a) une analyse physique conventionnelle du processus;
- b) l'expérience et le résultat qualitatif de tests simples.
- c) des contraintes de calcul ou contraintes économiques qui amènent à rechercher, par exemple le meilleur modèle linéaire d'ordre N maximal.

Cette étape est, essentiellement qualitative; n'est validée que par le reste de la procédure.

C'est souvent la plus difficile, elle fait appel à l'expérience, et relève autant du métier que de la méthodologie du travail.

3.3.2 Identification :

L'identification est l'étape où il s'agit de déterminer la valeur numérique des paramètres du modèle, reliés aux retards gains, pôles et zéro du système, qui se comportera au mieux comme le processus objet. Pour évaluer objectivement, cette identité du comportement, on introduit le critère de distance entre l'objet et le modèle $D(O, M)$.

C'est donc l'écart entre le système et le modèle.

Pour des raisons pratiques d'élimination des bruits qui affectent les mesures réelles, on prend généralement comme distance une fonctionnelle de l'écart objet-modèle :

$$D(O, M) = \sum_{n=1}^N F | S_M(n) - S_O(n) | = \sum_{n=1}^N F ()$$

avec : $F \geq 0$; $F(0) = 0$

S_0 sortie objet

S_M sortie modèle

N déterminant le nombre de points de l'horizont d'observation.

En pratique, on prendra la distance quadratique ou Euclidienne.

$$F = \mathcal{E}^2 \quad \text{ou} \quad F = |\mathcal{E}|$$

$$\text{avec : } \mathcal{E}(i) = y_M(i) - y(i)$$

où $y_M(i)$: sortie du modèle à l'instant i .

La distance D , fonctionnelle positive, de l'écart est une fonction des paramètres structuraux P_i^H du modèle :

$$D = D(P_i^M)$$

si l'hypothèse de caractérisation est correcte, et si les mêmes ne sont pas entachées de bruits, alors il existe $P_i^M = P_i^0$ tel que $D(0, M) = 0$.

En réalité, comme la caractérisation n'est pas parfaite, et que les mesures sont bruitées D ne peut être que minimisé, ne pouvant être annulée.

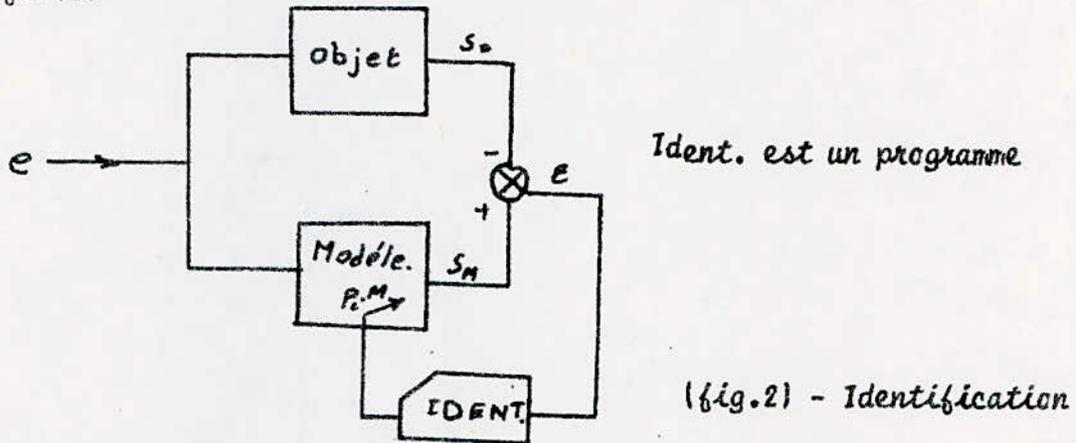
Le problème se réduira donc à celui de la minimisation d'une fonction positive $D(P_i^M)$ des variables P_i^M .

Plusieurs techniques de minimisations sont utilisables.

Le principe général est celui, exprimé par le schéma suivant :

2.4 Types de distances objet - Modèle :

La distance objet-modèle à minimiser est représentable dans l'espace paramétrique, où sont portés sur les axes les paramètres structuraux du modèle, qu'il s'agit de choisir, et ceux de l'objet qu'il faut définir.

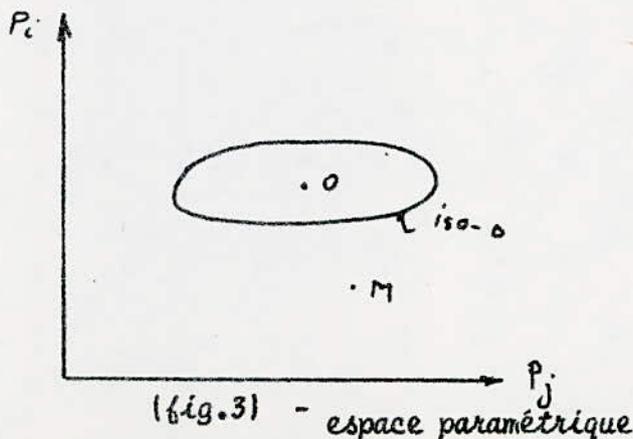


- o : objet (paramètres P_i^o)
- M : modèle (paramètres P_j^M)

Les surfaces ISO - D (fig.3), telles que les distances objet-modèle soient constantes, sont des surfaces fermées que l'on peut généralement assimiler à des quadriques au voisinage du point nominal O, point dont les coordonnées sont les paramètres de l'objet inconnu. On définit les distances suivantes :

3.4.1 La distance de sortie :

Cette distance est basée sur la différence, entre la sortie du système et celle du modèle (fig.4)



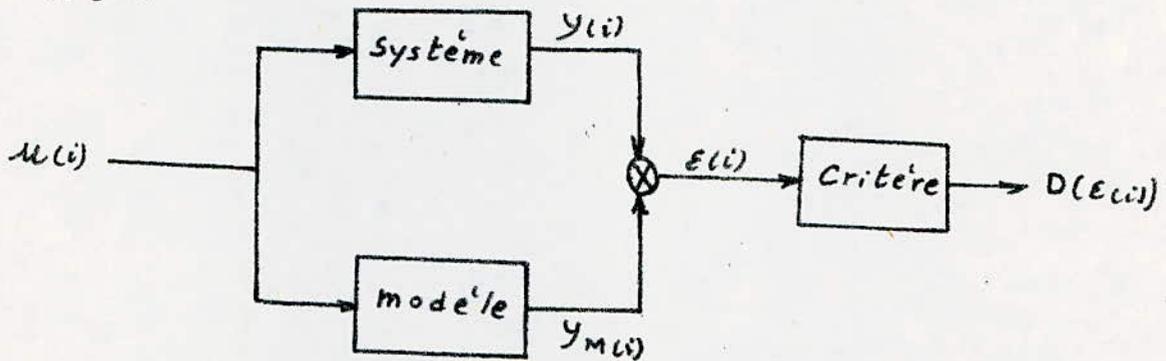
L'exemple de distance :

$$D = \sum_{i=1}^N y(i) - y(i)^2$$

où : N est le nombre de points de mesures $y_M(i)$ la sortie du modèle à l'instant i .

3.4.2 Distance de prédiction :

On se base dans ce cas de minimisation sur la différence entre la sortie du système et la sortie qui prédit le modèle au même instant (fig.5)



(fig. 4) - Distance de sortie

Pour ce cas de distance on considérera la distance suivante.

$$D = \sum_{i=1}^N [\hat{y}(i) - y(i)]^2$$

La prédiction $\hat{y}(i)$, dépend de la forme du modèle. En prenant par exemple pour modèle la séquence de pondération et si $h_M(j)$, $j \in [0, N)$, sont les éléments de cette séquence, la connaissance de l'entrée $u(j)$, $j \in [i-N, i)$ permet de prédire :

$$\hat{y}(i) = \sum_{j=0}^M h_M(j) u(i-j)$$

* Dans ce cas : $\hat{y}(i) = y_M(i)$, et la prédiction de la sortie se confond avec la sortie du modèle.

* En considérant l'équation aux différences du premier ordre :

$$\hat{y}(i) = -a_1 y_M(i-1) + b_1 u(i-1),$$

* Pour cela on utilise toute l'information de i

Dans ce cas : $\hat{y}(i) = \tilde{y}(i) = y_M(i)$, et la prédiction de la sortie se confond avec la sortie du modèle.

En considérant l'équation aux différences du premier ordre :

$$\hat{y}(i) = a_1 y(i-1) + b_1 u(i-1)$$

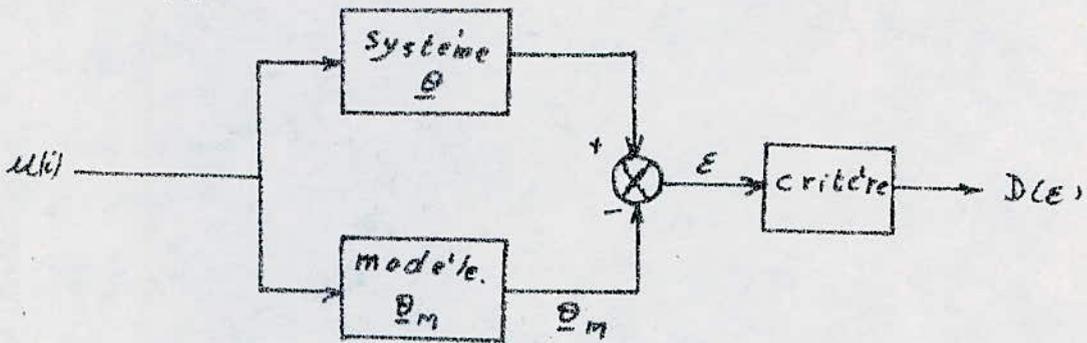
Pour cela on utilise toute l'information disponible au temps $(i-1)$ pour prédire la sortie à l'instant (i) , et en particulier la valeur de la sortie du système, la sortie du modèle aura la forme suivante :

$$y_M(i) = -a_1 y_M(i-1) + b_1 u(i-1)$$

3.4.3 Distance de structure :

Elle s'exprime uniquement dans l'espace paramétrique, et qui est, dans sa forme la plus simple, une distance euclidienne.

Ce type de distance est basée sur la différence du système et ceux du modèle. (fig.6)



(fig. 6) - Distance de structure

on définit cette distance :

$$D = (\theta - \theta_M)^T A (\theta - \theta_M)$$

où A est une matrice de pondération symétrique définie positive.

Cependant nous devons au préalable, définir θ , ce qui fait que D n'est pas directement mesurable.

La notion de distance, objet-modèle, c'est un critère de qualité de l'identification. On utilise donc, les mêmes des sorties de l'objet et du modèle. Ces variables dépendent des conditions expérimentales, et en particulier, de la nature de l'entrée.

CHAPITRE 3 : Algorithme séquentiel pour l'identification des paramètres d'un processus auto-régressif

3.1 Processus auto-régressifs :

Le processus à identifier est donné par l'équation stochastique aux différences :

$$y(k) = \sum_{i=1}^N a_i y(k-i) + w(k) \quad (1-4-1)$$

où $w(k)$ est une séquence stationnaire, indépendante de covariance w et les paramètres à identifier :

$$x^T = [x_1, \dots, x_n]^T$$

on considérera le vecteur a comme étant une estimation du vecteur x .
La sortie du système sera :

$$E(j) = y(j) - \sum_{i=1}^N a_i y(j-i) \quad (2-3-1)$$

en passant aux transformées en z .

$$E(z) = y(z) - \sum_{i=1}^N a_i z^{-i} y(z)$$

$$E(z) = y(z) \left[1 - \sum_{i=1}^N a_i z^{-i} \right]$$

$y(z)$ est l'entrée de notre système.

Le problème consiste à identifier les s paramètres de la fonction de transfert :

$$H(z) = 1 - \sum_{i=1}^N a_i z^{-i} \quad (3-3-1)$$

Par minimisation de la sortie $E(z)$ par la méthode des moindres carrés :

$$J_k(a)_z = \sum_{j=1}^K E^2(j) \quad (4-3-1)$$

3.2 Algorithme d'identification :

Le problème d'identification consiste à identifier les paramètres de la fonction de transfert $H(z)$, et cela en minimisant la somme au carré de ses sorties.

Il est plus aisé d'utiliser les paramètres transformés (P_n) .

A partir de la fonction de transfert :

$$H(z) = 1 - \sum_{i=1}^N a_i z^{-i}$$

Nous allons introduire une suite de polynôme de récursion comme suit :

Posons :

$$F_N(z-1) = \sum_{i=0}^N a_i z^{-i} \quad (1-3-2)$$

où :

$$\begin{aligned} a_i^N &= -a_i & i &= 1, \dots, N \\ a_0^N &= 1 & & (2-3-2) \end{aligned}$$

Définissons maintenant la séquence polynomiale :

$$F_1(z-1) = \sum_{i=0}^1 a_i z^{-i}$$

$$F_2(z-1) = \sum_{i=0}^2 a_i z^{-i}$$

$$F_{N-2}(z^{-1}) = \sum_{i=0}^{N-2} a_i z^{-i}$$

$$F_{N-1}(z^{-1}) = \sum_{i=0}^{N-1} a_i z^{-i}$$

La relation de récursion sera :

$$F_{n-1}(z^{-1}) = \frac{1}{1 - |a^n| z^{-1}} \{ (z^{-1}) - a^n F_n^*(z^{-1}) \} \quad (3-3-2)$$

$$n = N, N-1, \dots, 1$$

où :

$$F_n^*(z^{-1}) = \sum_{i=0}^n a_i z^{-i}$$

obtenu à partir de $F_n(z^{-1})$, en faisant "marche inverse".

De la relation récursive, on en déduit que la séquence $F_n(z^{-1})$ n'existera que pour $|a^n| < 1$ pour $n = N, N-1, \dots, 1$

Cette condition, ne sera satisfaite que si les récursions, commencent avec une séquence stable $F_1(z^{-1})$, c'est à dire que les zéros des polynômes se trouvent à l'intérieur du disque de module 1.

Dans ce cas nous aurons : $|a^n| < 1$ pour tout n .

Pour simplifier posons : $a^n = p_n$ pour tout n .

De la relation, de récursion (1-3-4), nous pouvons définir nos paramètres a_i^{n-1} déterminé à partir de la mite a_i^n :

$$a_0^{n-1} = a_0^n = 1$$

$$a_i^{n-1} = \frac{1}{1 - P_n z^{-1}} a_i^n - P_n a_{n-i}^{n-1} \quad (4-3-2)$$

avec comme condition initiale :

$$a_i^N = -a_i \text{ pour } i = 1, \dots, N$$

$$a_0^N = 1$$

résolvons la série (4-3-2) pour obtenir a_i^n

$$a_i^n = a_i^{n-1} + P_n a_{n-i}^{n-1} \text{ pour } i = 1, \dots, n-1 \quad (5-3-2)$$

$$a_0^n = 1$$

$$a_n^n = p^n$$

En passant à la séquence polynomiale $F_n(z^{-1})$ ceci équivaut à :

$$F_n(z^{-1}) = F_{n-1}(z^{-1}) + P_n z^{-n} F_{n-1}^*(z^{-1}) \quad (6-3-2)$$

Définissons :

$$G_{n-1}(z^{-1}) = z^{-1} F_{n-1}^*(z^{-1}) \quad (7-3-2)$$

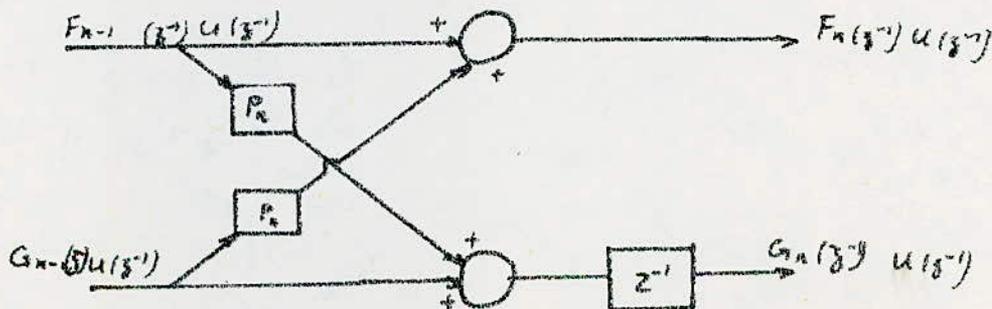
La relation (5-3-2) on peut écrire :

$$F_n(z^{-1}) = F_{n-1}(z^{-1}) + P_n G_{n-1}(z^{-1}) \quad (8-3-2)$$

En utilisant (5-3-2) et (7-3-2) on obtient

$$z G_n(z^{-1}) = G_{n-1}(z^{-1}) + P_n F_{n-1}(z^{-1}) \quad (9-3-2)$$

Pour une certaine entrée $u(z^{-1})$, nous déterminons la sortie du système avec une fonction de transfert $F_n(z^{-1})$ en terme de sortie $F_{n-1}(z^{-1}) u(z^{-1})$ et $G_{n-1}(z^{-1}) u(z^{-1})$ donné par la figure ci-dessous :

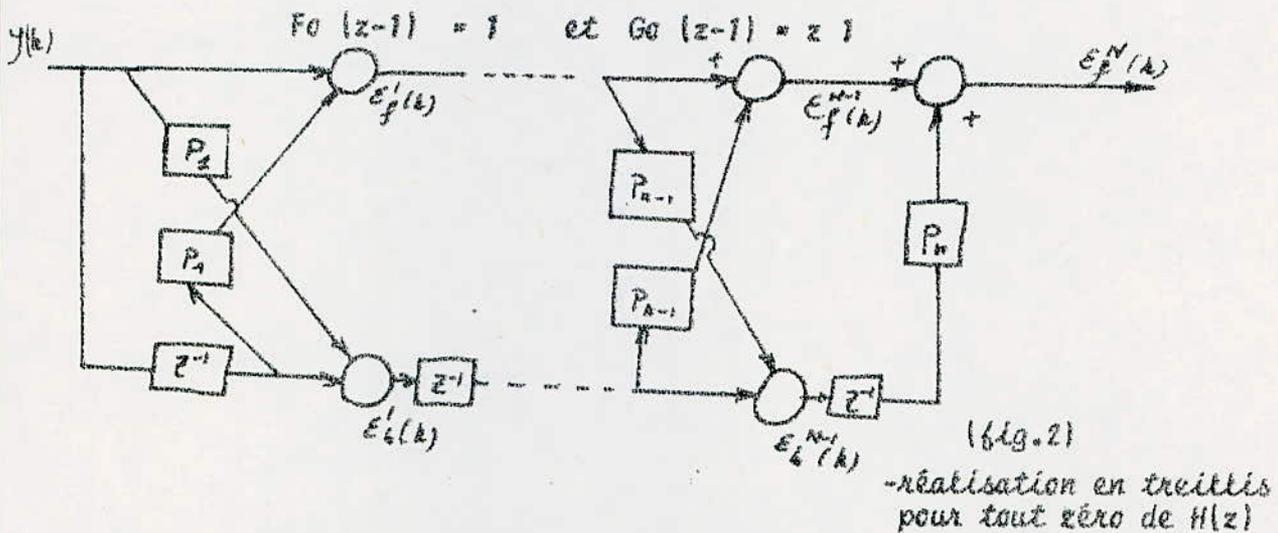


(fig.1)

-un étage de la structure entrelissée

La fonction de récursion donnée par la relation (8-4-2) et (9-3-2) nous donne la structure en treillis (fig.2) pour tout zéro de la fonction de transfert $FN(z^{-1})$.

Les valeurs initiales de récursions sont :



L'estimation du signal y_k est obtenue à partir de la structure en treillis ci-dessus.

Concernant l'estimation, au dessus du n ième sommateur de la structure en treillis, nous avons l'erreur approximée $y(k)$, en termes d'échantillons, y_{k-1}, \dots, y_{k-n} est ici, une sortie résiduelle.

Nous ferons la même chose, dans la partie inférieure du treillis.

Donc pour le i ème sommateur, la sortie résiduelle f^i , correspondant à la partie inférieure, toujours à partir du i ème sommateur.

Maintenant, nous allons développer, un schéma séquentiel d'identification des paramètres P_i $i = 1, \dots, N$ introduit en posant $a^n = P_n$.

A partir de la figure 2, les sorties résiduelles $f^n(k)$ et $b^n(k)$ sont définies récursivement comme suit :

$$f^{n+1}(k) = f^n(k) + P_{n+1} b^n(k-1) \quad (10-3-2)$$

$$b^{n+1}(k) = b^n(k-1) + P_{n+1} f^n(k) \quad (11-3-2)$$

$$n = 1, 2, \dots, N \text{ avec}$$

$$f^0(k) = b^0(k) = y(k)$$

Les paramètres peuvent être programmés par la somme des moindres carrés des sorties résiduelles $f^{n+1}(k)$, ceci est obtenu à partir de (10-3-2)

$$\tilde{P}_{n+1}(k) = - \frac{\sum_{i=1}^k f^n(i) b^n(i-1)}{\sum_{i=1}^k b^n(i-1)^2} \quad (12-3-2)$$

Qui est une valeur estimée de $P_n^b(k)$. La minimisation de la sortie résiduelle $|e^{n+1}(k)|$ obtenue à partir de (11-3-2)

$$\hat{P}_{n+1}^b(k) = - \frac{\sum_{i=1}^k e^{n+1}(i) b^n(i-1)}{\sum_{i=1}^k e^{n+1}(i) 2}$$

Sous la condition de stationnarité, nous pouvons voir par programmation directe que pour les valeurs élevées de k .

$$\sum_{i=1}^k [e^{n+1}(i-1)]^2 = \sum_{i=1}^k [e^{n+1}(i)]^2 \quad (14-3-2)$$

en combinant (13-4-2) et (12-4-2) en utilisant (14-4-2) nous obtenons:

$$\hat{P}_{n+1}^b(k) = - \frac{\sum_{i=1}^k e^{n+1}(i) b^n(i-1)}{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \{ |e^{n+1}(i-1)|^2 + |e^{n+1}(i)|^2 \}} \quad (15-3-2)$$

et de là la forme séquentielle :

$$\hat{P}_{n+1}^b(k) = \hat{P}_{n+1}^b(k-1) \frac{\hat{P}_{n+1}^b(k-1) \{ |e^{n+1}(k)|^2 + |e^{n+1}(k-1)|^2 \} + 2e^{n+1}(k) e^{n+1}(k-1)}{\sum_{i=1}^k [|e^{n+1}(i)|^2 + |e^{n+1}(i-1)|^2]} \quad (16-3-2)$$

Cette relation est la formule finale de la forme séquentiel d'identification.

L'utilisation de la suite des paramètres $\{P_n\}$ à certains avantages :
Premièrement, pour des raisons de stabilité, c'est à dire les zéros de la fonction de transfert $H(z-1)$, se trouvant en dehors du cercle unité, par la suite, $|P_n| < 1$ pour tout n .

Par la suite pour tout k , $|P_n(k)| < 1$.

Deuxièmement, nous notons que $P_{n+1}(k)$, dépendant seulement des sortie résiduelles $e^{n+1}(k)$ et $e^{n+1}(k-1)$. De cette façon $P_{n+1}(k)$, est indépendant de $P_j(k)$ pour $j < n+1$. Ce résultat est particulièrement significatif lorsque l'ordre N du système est inconnu.

Dans ce cas, nous programmerons, les différences J_n comme étant la somme des moindres carrés résiduelles entre les différents étages.

$$J_n = \sum_{i=1}^k \left\{ \left[\hat{b}^{n-1}(i) \right]^2 - \left[\hat{b}^n(i) \right]^2 \right\} \text{ pour } n=1, 2, \dots$$

jusqu'à obtenir, J_n constant, ici n correspond à l'ordre du système. Les paramètres x_i , peuvent être retrouvés à partir, des P_i , par récursion en utilisant la relation (5-4-2) les conditions initiales seront :

$$a_0^1 = 1, a_1^1 = P_1$$

3.3 Schéma de l'algorithme :

Valeurs initiales

$$\mathcal{E} f^0(i) = y(k) \text{ (observations)}$$

$$\mathcal{E} b^0(i) = 0$$

$$\hat{P}_j(1) \text{ donné } j = 1, \dots, M$$

Boucle d'initialisation

$$\mathcal{E} b^0(k+1) = f^0(k)$$

$$\mathcal{E} f^0(k+1) = y(k+1)$$

algorithme d'identification de paramètres

$$\hat{P}_{n+1}(k) = \hat{P}(k) - \frac{1}{\sum_{i=1}^k \left[\left(\mathcal{E} \hat{b}^n(i) \right)^2 + \left(\mathcal{E} b^n(i-1) \right)^2 \right]}$$

$$\cdot \left[P_n(k) \left\{ \left(\mathcal{E} \hat{b}^n(k) \right)^2 + \left(\mathcal{E} b^n(k-1) \right)^2 \right\} + 2 \mathcal{E} \hat{b}^n(k) \mathcal{E} b^n(k-1) \right]$$

Algorithme de sortie

$$\mathcal{E} f^{j+1}(k+1) = \mathcal{E} f^j(k+1) + \hat{P}(k+1) \mathcal{E} b^j(k+1)$$

$$\mathcal{E} b^{j+1}(k+1) = \mathcal{E} b^j(k) + \hat{P}_j(k) \mathcal{E} \hat{b}^j(k)$$

On se proposera par la suite d'estimer l'erreur quadratique :

$$e_i = \sum_{k=1}^{k_f} \left[P_i(k) - \hat{P}_i(k) \right]^2$$

k_f : étant la taille de l'échantillon.

CHAPITRE 4 : EXPERIENCES

4.1 Intérêt du choix :

L'application de la reconnaissance de la parole trouve son domaine dans un nombre important et varié d'applications.

Enseignement assisté par ordinateur, médecine, diagnostic aidé par ordinateur, contrôle à distance, et dans les domaines militaire, reconnaissance des mots sur champs de bataille, et d'aide aux handicapés commande de bras articulés, de chaise roulante, de lit, de télévision.

La prononciation d'un mot peut être représenté par son image acoustique spectrale, ou sonagramme du mot.

Nous pouvons ainsi constituer la matrice de reconnaissance du mot choisi, qui est composée de notes de comparaison entre chaque événement, des sonagrammes du mot considéré.

Notre choix s'est porté dans ce domaine, pour choisir un processus aléatoires.

On a choisi un spécimen de son la lettre b.

L'enregistrement s'est effectué sur une cassette, de qualité moyenne avec un lecteur cassette grand public, de bande passante 5 kHz.

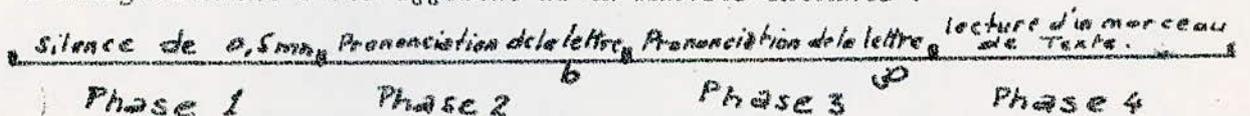
La fréquence d'échantillonnage a été choisie de 10kHz.

Pour être dans les conditions du théorème de Shannon.

L'effet de ce théorème est de montrer que, sous certaines conditions, un signal analogique à spectre borné est complètement déterminé si on le connaît à des instants discrets.

Donc les 10kHz, suffisent avec la qualité du lecteur cassette.

L'enregistrement a été effectué de la manière suivante :



Dans la première phase, enregistrement d'un silence de 30s, c'est à dire respiration et milieu ambiant de l'opérateur, ensuite cette période a été suivi par la prononciation respectivement en cinq échantillons de la lettre latine b, et de la lettre arabe (DHAD), enfin la dernière période a consisté à enregistrer un morceau de parole.

Pour l'analyse du spectre nous avons utilisé, l'analyseur de spectre du laboratoire d'acoustique.

La première phase a consisté à fixer le niveau de bruit, cela pour étalonner le système.

La troisième phase, échantillon de la lettre arabe a été utilisé comme référence, et a servi pour régler le trigger et déclencher le système.

C'est donc la deuxième phase qui a servi à l'analyse, on obtien donc le spectre fréquentielle de la lettre b, et en effectuant une transformée directe de Fourier on obtient, la représentation temporelle du spectre.

Les résultats, obtenus lors de l'analyse de la lettre b ont été consignés dans les tableaux suivants.

4.2 Tableaux de valeurs :

Comme il a été noté au paragraphe précédent, nous avons réglé, l'analyseur de spectre pour avoir, d'une part, le spectre fréquentiel et d'autre part le spectre temporel de la lettre b.

Le réglage s'est fait sur les coordonnées suivantes :

Niveau en db	freq.			ligne select.	freq. selectée	Niveau selecté
110	10khz	09	1	1	25hz	63.3db

On n'a pas jugé nécessaire la représentation, fréquentielle de la lettre B, car on a utilisé, le spectre temporel dans les calculs. Pour avoir le spectre temporel, on a procédé au réglage suivant :

Niveau en db	freq. ech.			ligne select.	temps select.
119	10khz	09	1	1	0.04ms

Les tableaux, des valeurs figuratives, du spectre temporel de la page () à la page ().

Tableau de valeurs
du spectre temporel de la lettre (b)

Ligne sélectionnée	Niveau en division	Temps sélectionné m.s
14	0,1	0,04
15	0,1	0,08
16	0,1	0,12
17	0,1	0,16
18	0,1	0,20
19	0,05	0,24
20	0,05	0,28
21	0,05	0,32
22	0,05	0,36
23	0,05	0,40
24	0,1	0,44
25	0,1	0,48
26	0,1	0,52
27	0,1	0,56
28	0,1	0,60
29	0,1	0,64
30	0,1	0,68
31	0,1	0,72
32	0,1	0,76
33	0,1	0,80

Ligne sélectionnée	Niveau en division	Temps sélectionné m.s
34	- 0,05	0,84
35	- 0,05	0,88
36	- 0,05	0,92
37	- 0,1	0,96
38	- 0,1	1,0
39	- 0,1	1,04
40	- 0,15	1,08
41	- 0,15	1,12
42	- 0,1	1,16
43	- 0,1	1,20
44	- 0,10	1,24
45	- 0,1	1,28
46	- 0,1	1,32
47	- 0,1	1,36
48	- 0,1	1,40
49	- 0,1	1,44
50	- 0,15	1,48
51	- 0,15	1,52
52	- 0,15	1,56
53	- 0,15	1,60

Tableau de valeurs du spectre

temporel de la lettre b. (suite)

ligne sélection	Niveau en division	Temps sélecté m. s.
54	-0,19	1,64
55	-0,19	1,68
56	-0,19	1,72
57	-0,19	1,76
58	-0,19	1,80
59	-0,19	1,84
60	-0,19	1,88
61	-0,19	1,92
62	-0,19	1,96
63	-0,19	2,00
64	-0,19	2,04
65	-0,19	2,08
66	-0,19	2,12
67	-0,19	2,16
68	-0,15	2,20
69	-0,15	2,24
70	-0,15	2,28
71	-0,15	2,32
72	-0,15	2,36
73	-0,15	2,40

ligne sélection	Niveau en division	Temps sélecté m. s.
74	-0,15	2,44
75	-0,19	2,48
76	-0,2	2,52
77	-0,32	2,56
78	-0,42	2,60
79	-0,75	2,64
80	-0,58	2,68
81	-1,2	2,72
82	-1,39	2,76
83	-1,4	2,80
84	-1,3	2,84
85	-1,2	2,88
86	-0,8	2,92
87	-0,6	2,96
88	-0,4	3,00
89	-0,39	3,04
90	-0,27	3,08
91	-0,39	3,12
92	-0,59	3,16
93	-0,69	3,20

Tableau. de valeurs. du. spectre

Temporel de la lettre. (b). (suite)

Signe sélectionné	Niveau en division	Longueur sélectionnée en .5
94	-0,90	3,24
95	-1,00	3,28
96	-1,00	3,32
97	-0,96	3,36
98	-0,60	3,40
99	+0,3	3,44
100	+0,05	3,48
101	0,3	3,52
102	0,4	3,56
103	0,5	3,60
104	0,42	3,64
105	0,42	3,68
106	0,40	3,72
107	0,40	3,76
108	0,4	3,80
109	0,4	3,84
110	0,5	3,88
111	0,6	3,92
112	0,8	3,96
113	1,05	4,00

Signe sélectionné	Niveau en division	Longueur sélectionnée en .5
114	1,2	4,04
115	1,25	4,08
116	1,25	4,12
117	1,25	4,16
118	1,21	4,20
119	1,2	4,24
120	1,2	4,28
121	1,18	4,32
122	1,19	4,36
123	1,05	4,40
124	1	4,44
125	0,99	4,48
126	0,95	4,52
127	0,98	4,56
128	0,99	4,60
129	0,9	4,64
130	0,99	4,68
131	0,94	4,72
132	0,9	4,76
133	0,7	4,80

Tableau. de. valeurs. du. spectre.

temporel de la lettre. (b) (suite)

ligne sélectionnée	Niveau en division	Temps sélectionné m.s
134	0,6	4,84
135	0,4	4,88
136	0,2	4,92
137	0,05	4,96
138	0,13	5,00
139	0,22	5,04
140	0,35	5,08
141	0,35	5,12
142	0,35	5,16
143	0,35	5,20
144	0,30	5,24
145	0,3	5,28
146	0,39	5,32
147	0,52	5,36
148	0,75	5,40
149	1,0	5,44
150	1,22	5,48
151	1,5	5,52
152	1,65	5,56
153	1,75	5,60

ligne sélectionnée	Niveau en division	Temps sélectionné m.s
154	1,75	5,64
155	1,75	5,68
156	1,70	5,72
157	1,6	5,76
158	1,44	5,80
159	1,2	5,84
160	1,05	5,88
161	1,0	5,92
162	1,0	5,96
163	1,08	6,00
164	1,2	6,04
165	1,3	6,08
166	1,3	6,12
167	1,2	6,16
168	1,05	6,20
169	0,85	6,24
170	0,6	6,28
171	0,39	6,32
172	0,05	6,36
173	0,2	6,40

Tableau de valeurs du spectre

temporel de la lettre (b) (suite)

ligne sélectionnée	niveau en division	Temps en ms
174	0,55	6,44
175	0,45	6,48
176	0,40	6,52
177	0,45	6,56
178	0,50	6,60
179	0,59	6,64
180	0,60	6,68
181	0,79	6,72
182	0,99	6,76
183	0,19	6,80
184	1,30	6,84
185	1,45	6,88
186	1,55	8,92
187	1,6	8,96
188	1,55	9,00
189	1,30	9,04
190	1,2	9,08
191	1,1	9,12
192	1	9,16
193	1	9,20

ligne sélectionnée	niveau ordiv.	Temps en ms.
194	1,05	9,24
195	1,1	9,28
196	1,1	9,32
197	1,1	9,36
198	1	9,40
199	0,7	9,44
200	0,75	9,48
201	0,5	9,52
202	0,05	9,56
203	0,2	9,60
204	0,3	9,64
205	0,35	9,68
206	0,35	9,72
207	0,35	9,76
208	0,35	9,80
209	0,35	9,84
210	0,4	9,88
211	0,5	9,92
212	0,6	9,96
213	0,75	10,00

Tableau de valeurs du spectre

temporel de la lettre (b) (Suite)

ligne sélection	Niveau en division	temps sélection m.s
214	0,99	10,04
215	1,15	10,08
216	1,2	10,12
217	1,35	10,16
218	1,35	10,20
219	1,30	10,24
220	1,2	10,28
221	1,05	10,32
222	0,95	10,36
223	0,9	10,40
224	0,85	10,44
225	0,75	10,48
226	0,85	10,52
226	0,85	10,56
227	0,9	10,60
228	0,9	10,64
229	0,85	10,68
230	0,6	10,72
231	0,4	10,76
232	0,2	10,80

ligne sélection	Niveau en division	temps sélection m.s
233	0,15	10,84
234	0,1	10,88
235	0,2	10,92
236	0,35	10,96
237	0,35	11,00
238	0,24	11,04
239	0,34	11,08
240	0,34	11,12
241	0,34	11,16
242	0,34	11,20
243	0,34	11,24
244	0,4	11,28
245	0,58	11,32
246	0,62	11,36
247	0,75	11,40
248	0,85	11,44
249	0,92	11,48
250	0,92	11,52
251	0,92	11,56
252	0,98	11,60

Tableau de valeurs du spectre

temporel de la lettre (b) (suite)

ligne sélectionnée	Niveau en division	temps sélectionné m.s
253	0,83	11,64
254	0,75	11,68
255	0,64	11,72
256	0,5	11,76
257	0,44	11,80
258	0,4	11,84
259	0,36	11,88
260	0,36	11,82
261	0,36	11,96
262	0,36	12,00
263	0,32	12,04
264	0,28	12,08
265	0,24	12,12
266	0,18	12,16
267	0,1	12,20
268	0,05	12,24
269	- 0,1	12,28
270	0,2	12,32
271	0,38	12,36
272	0,6	12,40

ligne sélectionnée	Niveau en division	temps sélectionné m.s
273	0,75	12,44
274	0,84	12,48
275	0,2	12,52
276	1,45	12,56
277	1,85	12,60
278	2,3	12,64
279	2,6	12,68
280	2,8	12,72
281	2,85	12,76
282	2,7	12,80
283	2,4	12,84
284	2,05	12,88
285	1,8	12,92
286	1,6	12,96
287	1,5	13,00
288	1,55	13,04
289	1,6	13,08
290	1,7	13,12
291	1,8	13,16
292	1,9	13,20

Tableau. de Valeurs. du Spectre

Temporel. de la lettre (b) (suite).

ligne littée	Niveau division	Temp salotés
333	0,2	14,8
334	-0,4	14,84
335	-0,6	14,88
336	-0,7	14,92
337	-0,95	14,96
338	-0,95	15,0
339	-1,15	15,04
340	-1,48	15,08
341	-1,8	15,12
342	-2,25	15,16
343	-2,52	15,2
344	-2,8	15,24
345	-2,95	15,28
346	-3,00	15,32
347	-2,92	15,36
348	-2,85	15,4
349	-2,8	15,44
350	-2,7	15,48
351	-2,6	15,52
352	-2,6	15,56

ligne selotée	Niveau division	Temp en ms
353	-2,5	15,6
354	-2,5	15,64
355	-2,55	15,68
356	-2,5	15,72
357	-2,38	15,76
358	-2,18	15,8
359	1,82	15,84
360	-1,7	15,88
361	-1,4	15,92
362	-1,2	15,96
363	-1,00	16,0
364	-0,8	16,04
365	-0,6	16,08
366	-0,4	16,12
367	-0,25	16,16
368	+0,02	16,2
369	0,45	16,24
370	0,7	16,28
371	1,28	16,32
372	1,52	16,36

Tableau. de valeurs. du. spectre.

temporel. de. la. lettre. (b) (Suite)

ligne sélectionnée	Niveau en division.	temps sélectionné m.s
293	1,85	13,24
294	1,7	13,28
295	1,4	13,32
296	0,95	13,36
297	0,45	13,40
298	+ 0,14	13,44
299	0,48	13,48
300	0,65	13,52
301	0,7	13,56
302	0,85	13,56
303	0,9	13,60
304	1,2	13,64
305	1,4	13,68
306	1,65	13,72
307	1,85	13,76
308	2,2	13,80
309	2,5	13,84
310	2,8	13,88
311	3,00	13,92
312	3,05	13,96

ligne sélectionnée	Niveau en division.	temps sélectionné m.s
314	3,00	14,00
315	2,9	14,04
316	2,8	14,08
317	2,7	14,12
318	2,60	14,16
318	2,5	14,20
319	2,4	14,24
320	2,3	14,28
321	2,25	14,32
322	2,2	14,36
323	2,18	14,40
324	2,06	14,44
325	1,9	14,48
326	1,85	14,52
327	1,5	14,56
328	1,25	14,60
329	1,00	14,64
330	0,65	14,68
331	0,3	14,72
332	0,05	14,76



Le problème est de trouver les paramètres de a_i de notre système, écrit sous la forme : $A x = b$

on a donc à déterminer les X_i .

Pour cela, nous avons pris deux fenêtres se recouvrant de 40 %, en appliquant l'équation stochastique aux différences tout en respectant le théorème de Shannon.

4.3 Algorithme étudié :

On a donc à résoudre un système de 20 équations à 20 inconnues, c'est à dire une matrice de 400 points.

Cependant pour faciliter les calculs, on a dû triangulariser la matrice A , ce qui facilitera la résolution du système.

On a utilisé la méthode de Gauss, avec Pivot partiel.

Dont l'algorithme de base est :

Recherche du pivot :

$$\left. \begin{array}{l} P_k = \max [a_{ik}] \\ i \neq l_1, l_2, \dots, l_{k-1} \\ i = 1, n \\ \text{triangularisation :} \\ a_{ij} = a_{ij} - \frac{a_{ik}}{p_k} a_{kj} \end{array} \right\} k : 1, k-1$$

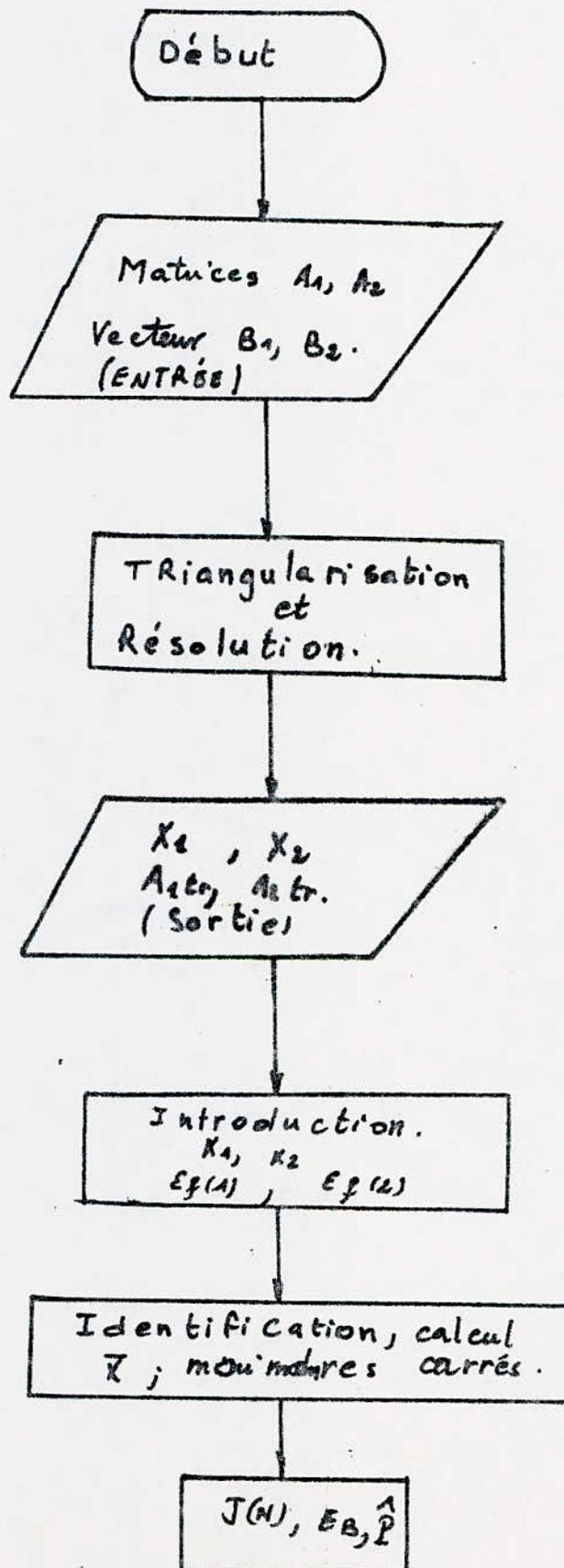
Résolution de $AX = b$

$$x_n = [a_{ln}, n+1] / P_n$$

$$x_i = \frac{1}{P_i} \left[a_{li}, n+1 - \sum_{j=i+1}^n a_{lij} x_j \right]$$

$$i = n-1, n-2, \dots, 1$$

La structure du programme, étudiée de l'identification du processus stochastique, compte tenu de la résolution du système d'équation est donnée à la page suivante.



```

2000 PRINT "INTRODUIRE N, EPS" : INPUT N, EPS
2010 DIM A(N+1, N+1), P(N), L(N), X(N)
2020 'LECTURE DE LA MATRICE A
2030 FOR I=1 TO N
2040 FOR J=1 TO N
2050 READ A(I, J)
2060 NEXT J
2070 NEXT I
2080 'TRIANGULARISATION
2090 FOR K=1 TO N-1
2100 P(K)=0
2110 FOR I=1 TO N
2120 IF K=I THEN 2210
2130 FOR S=1 TO K-1
2140 IF I=L(S) THEN 2210
2150 AB=A(I, K):AB=ABS(AB)
2160 BA=P(K):BA=ABS(BA)
2170 IF BA>AB THEN 2210
2180 P(K)=A(I, K)
2190 BA=P(K):BA=ABS(BA)
2200 L(K)=I
2210 NEXT I
2220 IF BA<EPS THEN PRINT "PIVOT PETIT":P(K)
2230 FOR I=1 TO N
2240 FOR S=1 TO K
2250 IF I=L(S) THEN 2320
2260 NEXT S
2270 L(N)=I
2280 W=A(I, K)/P(K)
2290 FOR J=K TO N
2300 A(I, J)=A(I, J)-W*A(L(K), J)
2310 NEXT J
2320 NEXT I
2330 'CALCUL DES SOLUTION
2340 X(N)=A(L(N), N+1)/A(L(N), N)
2350 FOR I=N-1 TO 1 STEP -1
2360 X(I)=A(L(I), N+1)
2370 FOR J=I+1 TO N
2380 X(I)=X(I)-A(L(I), J)*X(J)
2390 NEXT J
2400 X(I)=X(I)+P(I)
2410 NEXT I
2420 FOR I=1 TO N
2430 PRINT "X(" ; I ; ")=" ; X(I)
2440 NEXT I

```


	AK	1	1	)	.3
>	AK	1	2	)	5
	AK	1	3	)	10
	AK	1	4	)	15
>	AK	1	5	)	20
	AK	1	6	)	25
	AK	1	7	)	30
>	AK	1	8	)	35
	AK	1	9	)	40
	AK	1	10	)	45
>	AK	1	11	)	50
	AK	1	12	)	300
	AK	1	13	)	500
>	AK	1	14	)	1000
	AK	1	15	)	1500
	AK	1	16	)	2000
>	AK	1	17	)	3000
	AK	1	18	)	0
	AK	1	19	)	5
>	AK	1	20	)	10
	AK	2	1	)	15
	AK	2	2	)	-233
>	AK	2	3	)	-475
	AK	2	4	)	-720
	AK	2	5	)	-965
>	AK	2	6	)	-1210
	AK	2	7	)	-1455
	AK	2	8	)	-1700
>	AK	2	9	)	-1700
	AK	2	10	)	-1750
	AK	2	11	)	-1500
>	AK	2	12	)	-13500
	AK	2	13	)	-23000
	AK	2	14	)	-47000
	AK	2	15	)	-74999.7
>	AK	2	16	)	-99999.4
	AK	2	17	)	-149999
	AK	2	18	)	1
	AK	2	19	)	-249
	AK	2	20	)	-499.1
	AK	3	1	)	.69
	AK	3	2	)	-10.91
	AK	3	3	)	-.0764798
	AK	3	4	)	-.0769539
	AK	3	5	)	.164566

	RC 6 , 6)	.296093
)	RC 6 , 7)	.617607
	RC 6 , 8)	.93914
	RC 6 , 9)	-10.1609
)	RC 6 , 10)	-19.1891
	RC 6 , 11)	-42.4476
	RC 6 , 12)	-46.2404
)	RC 6 , 13)	-57.8202
	RC 6 , 14)	-69.5855
	RC 6 , 15)	107.645
)	RC 6 , 16)	143.75
	RC 6 , 17)	215.773
	RC 6 , 18)	.912565
)	RC 6 , 19)	1.31126
	RC 6 , 20)	1.6747
	RC 4 , 1)	.9
)	RC 4 , 2)	-14.31
	RC 4 , 3)	.143263
	RC 4 , 4)	.0460422
)	RC 4 , 5)	.610195
	RC 4 , 6)	1.21356
	RC 4 , 7)	2.05373
)	RC 4 , 8)	3.08395
	RC 4 , 9)	-31.9788
	RC 4 , 10)	-59.9488
)	RC 4 , 11)	-132.861
	RC 4 , 12)	-146.727
	RC 4 , 13)	-173.123
)	RC 4 , 14)	-201.609
	RC 4 , 15)	363.089
	RC 4 , 16)	484.163
)	RC 4 , 17)	726.739
	RC 4 , 18)	2.20365
	RC 4 , 19)	3.84581
)	RC 4 , 20)	5.10962
	RC 5 , 1)	1
	RC 5 , 2)	-15.7667
)	RC 5 , 3)	-.0817413
	RC 5 , 4)	.0266814
	RC 5 , 5)	-.650227
)	RC 5 , 6)	-1.12861
	RC 5 , 7)	-1.7021
	RC 5 , 8)	-2.49575
)	RC 5 , 9)	12.9178
	RC 5 , 10)	25.4997
	RC 5 , 11)	58.5644
)	RC 5 , 12)	62.0062
	RC 5 , 13)	71.9257
	RC 5 , 14)	79.2502
)	RC 5 , 15)	-180.845
	RC 5 , 16)	-241.631
	RC 5 , 17)	-363.292
)	RC 5 , 18)	-1.99605
	RC 5 , 19)	-2.59193
	RC 5 , 20)	-2.86511
)	RC 6 , 1)	1
	RC 6 , 2)	-15.6667
	RC 6 , 3)	-.0782585
)	RC 6 , 4)	-1.89781

AC 6 , 12)	-444.596
AC 6 , 13)	-532.726
AC 6 , 14)	-647.58
AC 6 , 15)	940.453
AC 6 , 16)	1252.05
AC 6 , 17)	1877.06
AC 6 , 18)	1.99628
AC 6 , 19)	7.14123
AC 6 , 20)	11.8152
AC 7 , 1)	.96
AC 7 , 2)	-15
AC 7 , 3)	-.02174
AC 7 , 4)	-.122157
AC 7 , 5)	1.19814
AC 7 , 6)	.561163
AC 7 , 7)	-.158854
AC 7 , 8)	-.412735
AC 7 , 9)	4.18734
AC 7 , 10)	7.35048
AC 7 , 11)	16.1902
AC 7 , 12)	15.1885
AC 7 , 13)	16.5384
AC 7 , 14)	14.9042
AC 7 , 15)	-60.2556
AC 7 , 16)	-79.7876
AC 7 , 17)	-119.594
AC 7 , 18)	.553818
AC 7 , 19)	-.358681
AC 7 , 20)	-.786885
AC 8 , 1)	.6
AC 8 , 2)	-9.04
AC 8 , 3)	-.338435
AC 8 , 4)	-.376857
AC 8 , 5)	3.13826
AC 8 , 6)	1.58136
AC 8 , 7)	-.436119
AC 8 , 8)	-.0739757
AC 8 , 9)	38.5385
AC 8 , 10)	55.8794
AC 8 , 11)	118.848
AC 8 , 12)	141.409
AC 8 , 13)	171.825
AC 8 , 14)	217.542
AC 8 , 15)	-250.831
AC 8 , 16)	-334.04
AC 8 , 17)	-500.149
AC 8 , 18)	-.654161
AC 8 , 19)	-.726725
AC 8 , 20)	-2.46711
AC 9 , 1)	.3
AC 9 , 2)	-4.4
AC 9 , 3)	.046957
AC 9 , 4)	-.272129
AC 9 , 5)	3.16584
AC 9 , 6)	.902639
AC 9 , 7)	.202795
AC 9 , 8)	-.405265
AC 9 , 9)	-173.844
AC 9 , 10)	-318.679
AC 9 , 11)	-677.161
AC 9 , 12)	-818.695
AC 9 , 13)	-1001.7
AC 9 , 14)	-1286.91
AC 9 , 15)	1347.54
AC 9 , 16)	1891.31

AC 9 , 18)	7.15447
AC 9 , 19)	5.39175
AC 9 , 20)	14.4051
AC 10 , 1)	.03
AC 10 , 2)	-.533333
AC 10 , 3)	.0347827
AC 10 , 4)	.0954589
AC 10 , 5)	-1.28783
AC 10 , 6)	-.510403
AC 10 , 7)	.0965996
AC 10 , 8)	.122016
AC 10 , 9)	15.0528
AC 10 , 10)	.807825
AC 10 , 11)	1.06504
AC 10 , 12)	-9.91724
AC 10 , 13)	-19.3201
AC 10 , 14)	-41.3365
AC 10 , 15)	-71.7026
AC 10 , 16)	-96.4507
AC 10 , 17)	-143.683
AC 10 , 18)	1.21515
AC 10 , 19)	2.22512
AC 10 , 20)	.996462
AC 11 , 1)	.3
AC 11 , 2)	-4.95
AC 11 , 3)	.522826
AC 11 , 4)	.582993
AC 11 , 5)	-4.90157
AC 11 , 6)	-2.84469
AC 11 , 7)	1.26824
AC 11 , 8)	-.227194
AC 11 , 9)	-224.296
AC 11 , 10)	2.9837
AC 11 , 11)	.891785
AC 11 , 12)	37.6402
AC 11 , 13)	68.9081
AC 11 , 14)	142.497
AC 11 , 15)	221.344
AC 11 , 16)	295.797
AC 11 , 17)	441.568
AC 11 , 18)	-4.93552
AC 11 , 19)	-6.5081
AC 11 , 20)	-3.8009
AC 12 , 1)	.4
AC 12 , 2)	-6.36667
AC 12 , 3)	-.134783
AC 12 , 4)	.362595
AC 12 , 5)	-4.44243
AC 12 , 6)	-1.23396
AC 12 , 7)	-.853271
AC 12 , 8)	1.09422
AC 12 , 9)	430.593
AC 12 , 10)	1.83331
AC 12 , 11)	2.44014
AC 12 , 12)	-91.8202
AC 12 , 13)	-169.015
AC 12 , 14)	-351.462
AC 12 , 15)	-556.383
AC 12 , 16)	-743.944
AC 12 , 17)	-1112.01

AC 12 , 18)	11.4429
AC 12 , 19)	15.6759
AC 12 , 20)	9.71763
AC 13 , 1)	.5
AC 13 , 2)	-7.93333
AC 13 , 3)	.0173912
AC 13 , 4)	-.13227
AC 13 , 5)	2.04161
AC 13 , 6)	.677847
AC 13 , 7)	-.0700225
AC 13 , 8)	-.754866
AC 13 , 9)	-278.371
AC 13 , 10)	.0985718
AC 13 , 11)	1.32805
AC 13 , 12)	-35.2986
AC 13 , 13)	-1.17027
AC 13 , 14)	-3.12772
AC 13 , 15)	-8.79474
AC 13 , 16)	-12.4948
AC 13 , 17)	-19.3597
AC 13 , 18)	-1.48057
AC 13 , 19)	-.70893
AC 13 , 20)	-.134083
AC 14 , 1)	.42
AC 14 , 2)	-6.5
AC 14 , 3)	-.176087
AC 14 , 4)	-.179509
AC 14 , 5)	1.33152
AC 14 , 6)	1.25158
AC 14 , 7)	-.670315
AC 14 , 8)	.146224
AC 14 , 9)	136.747
AC 14 , 10)	-2.1642
AC 14 , 11)	-.362051
AC 14 , 12)	-21.6547
AC 14 , 13)	.539781
AC 14 , 14)	-.000022
AC 14 , 15)	-8.046
AC 14 , 16)	-10.9926
AC 14 , 17)	-17.3003
AC 14 , 18)	-1.34822
AC 14 , 19)	-1.9741
AC 14 , 20)	-1.71748
AC 15 , 1)	.42
AC 15 , 2)	-6.58
AC 15 , 3)	.0091304
AC 15 , 4)	-.009135
AC 15 , 5)	1.27559
AC 15 , 6)	.138115
AC 15 , 7)	.074807
AC 15 , 8)	-.616547
AC 15 , 9)	-266.309
AC 15 , 10)	-1.29828
AC 15 , 11)	-2.04848
AC 15 , 12)	67.6156
AC 15 , 13)	.609116
AC 15 , 14)	.0774879
AC 15 , 15)	-4.09776
AC 15 , 16)	-6.42922
AC 15 , 17)	-10.4985
AC 15 , 18)	-1.36946

	4	)	.0571472
	5	)	-.974166
	6	)	-.296969
	7	)	-.140774
	8	)	.784365
	9	)	300.45
RC	16	)	-6.10352E-05
RC	15	)	-1.05033
RC	16	)	23.5267
RC	15	)	1.1685
RC	16	)	.0365377
RC	16	)	.710426
RC	16	)	-1.04963
RC	16	)	-3.12353
RC	16	)	-.877999
RC	16	)	-1.21045
RC	16	)	-.832423
RC	17	)	.4
RC	17	)	-6.26667
RC	17	)	.0286951
RC	17	)	9.25638E-03
RC	17	)	.0635824
RC	17	)	-.211268
RC	17	)	.185175
RC	17	)	-.219358
RC	17	)	-118.166
RC	17	)	1.27461
RC	17	)	.290572
RC	17	)	11.2028
RC	17	)	-.569716
RC	17	)	.536413
RC	17	)	3.47069
RC	17	)	-1.35701
RC	17	)	.17235
RC	17	)	.151418
RC	17	)	.0350503
RC	17	)	-.336736
RC	18	)	.4
RC	18	)	-6.26667
RC	18	)	8.69465E-03
RC	18	)	.028868
RC	18	)	-.318268
RC	18	)	-.0408782
RC	18	)	-.227478
RC	18	)	.147719
RC	18	)	54.8095
RC	18	)	1.03646
RC	18	)	1.27013
RC	18	)	-39.3082
RC	18	)	-.613098
RC	18	)	-.185329
RC	18	)	6.01755
RC	18	)	-.941269
RC	18	)	.0984039
RC	18	)	.834821
RC	18	)	.130952
RC	18	)	-.301063
RC	19	)	.4
RC	19	)	-6.26667
RC	19	)	8.69465E-03
RC	19	)	8.85751E-03
RC	19	)	-.0532033
RC	19	)	-.0537937
RC	19	)	.107174
RC	19	)	-.237741
RC	19	)	-105.605

RC 19 , 10)	.289139
RC 19 , 11)	.824244
RC 19 , 12)	-25.8899
RC 19 , 13)	-.441208
RC 19 , 14)	-.668246
RC 19 , 15)	5.71763
RC 19 , 16)	-1.34647
RC 19 , 17)	1.53628
RC 19 , 18)	.38029
RC 19 , 19)	1.54597
RC 19 , 20)	3.80361
RC 20 , 1)	.5
RC 20 , 2)	-7.93333
RC 20 , 3)	.117392
RC 20 , 4)	.119674
RC 20 , 5)	-.987696
RC 20 , 6)	-.50749
RC 20 , 7)	.207757
RC 20 , 8)	.0422986
RC 20 , 9)	-7.95279
RC 20 , 10)	.396592
RC 20 , 11)	.14444
RC 20 , 12)	-3.58192
RC 20 , 13)	.240915
RC 20 , 14)	-.29491
RC 20 , 15)	-1.14543
RC 20 , 16)	-.0607569
RC 20 , 17)	.0347383
RC 20 , 18)	1.51489
RC 20 , 19)	1.44195
RC 20 , 20)	-1.73361

XC 1)	-1.86458
XC 2)	2.31849
XC 3)	-1.91074
XC 4)	.214287
XC 5)	1.48939
XC 6)	-1.49925
XC 7)	1.11693
XC 8)	.621897
XC 9)	-.537837
XC 10)	-1.0553
XC 11)	.874338
XC 12)	-.146493
XC 13)	2.12196
XC 14)	-1.41973
XC 15)	1.81369
XC 16)	-3.71352
XC 17)	1.69798
XC 18)	.716384
XC 19)	-2.33324
XC 20)	.948339

$P_n(1)$

et 90

AAAAAAAAAAAAAAK 1 , 1)

.94

AK 1 , 2)	.99
AK 1 , 3)	1
AK 1 , 4)	.99
AK 1 , 5)	.98
AK 1 , 6)	.95
AK 1 , 7)	.99
AK 1 , 8)	1
AK 1 , 9)	1.05
AK 1 , 10)	1.19
AK 1 , 11)	1.19
AK 1 , 12)	1.2
AK 1 , 13)	1.2
AK 1 , 14)	1.21
AK 1 , 15)	1.25
AK 1 , 16)	1.25
AK 1 , 17)	1.25
AK 1 , 18)	1.2
AK 1 , 19)	1.05
AK 1 , 20)	.8
AK 2 , 1)	.8
AK 2 , 2)	.0974467
AK 2 , 3)	.138936
AK 2 , 4)	.157447
AK 2 , 5)	.155957
AK 2 , 6)	.171489
AK 2 , 7)	.107447
AK 2 , 8)	.138936
AK 2 , 9)	.106383
AK 2 , 10)	.037234
AK 2 , 11)	.177234
AK 2 , 12)	.168723
AK 2 , 13)	.178723
AK 2 , 14)	.170213
AK 2 , 15)	.14617
AK 2 , 16)	.18617
AK 2 , 17)	.18617
AK 2 , 18)	.228723
AK 2 , 19)	.306383
AK 2 , 20)	.369149
AK 3 , 1)	1.05
AK 3 , 2)	-.305851
AK 3 , 3)	.25905
AK 3 , 4)	.378319
AK 3 , 5)	.394815
AK 3 , 6)	.467075
AK 3 , 7)	.211387
AK 3 , 8)	.26905

$E_p^m (2)$

RC 3 , 9)	.151367
RC 3 , 10)	-.212391
RC 3 , 11)	.27702
RC 3 , 12)	.189138
RC 3 , 13)	.410524
RC 3 , 14)	.372643
RC 3 , 15)	.2625
RC 3 , 16)	.388046
RC 3 , 17)	.438046
RC 3 , 18)	.627457
RC 3 , 19)	1.03876
RC 3 , 20)	1.46501
RC 4 , 1)	1.2
RC 4 , 2)	-.21383
RC 4 , 3)	-.171725
RC 4 , 4)	.272448
RC 4 , 5)	.34288
RC 4 , 6)	.473162
RC 4 , 7)	.102072
RC 4 , 8)	.186629
RC 4 , 9)	-.0568709
RC 4 , 10)	-.58824
RC 4 , 11)	.053397
RC 4 , 12)	.0136983
RC 4 , 13)	.322399
RC 4 , 14)	.265846
RC 4 , 15)	.0990119
RC 4 , 16)	.270009
RC 4 , 17)	.313154
RC 4 , 18)	.635921
RC 4 , 19)	1.27047
RC 4 , 20)	2.00991
RC 5 , 1)	1.25
RC 5 , 2)	-.116489
RC 5 , 3)	-.113701
RC 5 , 4)	-.162225
RC 5 , 5)	.200695
RC 5 , 6)	.418447
RC 5 , 7)	-.0344879
RC 5 , 8)	.0555146
RC 5 , 9)	-.25668
RC 5 , 10)	-1.03142
RC 5 , 11)	-.227196
RC 5 , 12)	-.302879
RC 5 , 13)	.0400569
RC 5 , 14)	.106285
RC 5 , 15)	-.12333
RC 5 , 16)	.0914089
RC 5 , 17)	.139045
RC 5 , 18)	.541724
RC 5 , 19)	1.43239
RC 5 , 20)	2.46725
RC 6 , 1)	1.25
RC 6 , 2)	-.0664893
RC 6 , 3)	-.0349892
RC 6 , 4)	-.107963
RC 6 , 5)	-.20758
RC 6 , 6)	.4771
RC 6 , 7)	-.219849
RC 6 , 8)	-.067275
RC 6 , 9)	-.601313
RC 6 , 10)	-1.90563
RC 6 , 11)	-.687932
RC 6 , 12)	-.772918
RC 6 , 13)	-.249163
RC 6 , 14)	-.177295

AK 6 , 15)	-.423371
AK 6 , 16)	-.0912541
AK 6 , 17)	-8.13361E-03
AK 6 , 18)	.65737
AK 6 , 19)	2.14805
AK 6 , 20)	3.98428
AK 7 , 1)	1.25
AK 7 , 2)	-.0664893
AK 7 , 3)	.0150108
AK 7 , 4)	-.0309829
AK 7 , 5)	-.130665
AK 7 , 6)	-.0471104
AK 7 , 7)	-.34798
AK 7 , 8)	-.209856
AK 7 , 9)	-.565399
AK 7 , 10)	-1.48131
AK 7 , 11)	-.707344
AK 7 , 12)	-.783538
AK 7 , 13)	-.469448
AK 7 , 14)	-.432574
AK 7 , 15)	-.638749
AK 7 , 16)	-.266485
AK 7 , 17)	-.245255
AK 7 , 18)	.213882
AK 7 , 19)	1.24174
AK 7 , 20)	2.54147
AK 8 , 1)	1.21
AK 8 , 2)	-.0243617
AK 8 , 3)	-2.50009E-03
AK 8 , 4)	.0186512
AK 8 , 5)	-.0421625
AK 8 , 6)	-.0699756
AK 8 , 7)	-.491938
AK 8 , 8)	-.0242129
AK 8 , 9)	.327534
AK 8 , 10)	1.11366
AK 8 , 11)	.352858
AK 8 , 12)	.409077
AK 8 , 13)	.0674171
AK 8 , 14)	.0662483
AK 8 , 15)	.237952
AK 8 , 16)	-.116418
AK 8 , 17)	-.0149774
AK 8 , 18)	-.427119
AK 8 , 19)	-1.29141
AK 8 , 20)	-2.35112
AK 9 , 1)	1.2
AK 9 , 2)	-.0538298
AK 9 , 3)	.0501528
AK 9 , 4)	-9.93982E-05
AK 9 , 5)	8.77513E-03
AK 9 , 6)	-.0265851
AK 9 , 7)	-.206106
AK 9 , 8)	-.333748
AK 9 , 9)	-4.57301
AK 9 , 10)	-15.002
AK 9 , 11)	-4.94806
AK 9 , 12)	-5.68974
AK 9 , 13)	-1.1994
AK 9 , 14)	-1.27175
AK 9 , 15)	-3.49568
AK 9 , 16)	1.19736
AK 9 , 17)	-.18242
AK 9 , 18)	5.43682
AK 9 , 19)	16.9405
AK 9 , 20)	31.1162

AC	10	1	1.2
AC	10	2	-.0638298
AC	10	3	.0244185
AC	10	4	.0536521
AC	10	5	-3.63418E-03
AC	10	6	.0199499
AC	10	7	-.024901
AC	10	8	-.178859
AC	10	9	-2.83229
AC	10	10	.813024
AC	10	11	.0836282
AC	10	12	.143096
AC	10	13	-.237439
AC	10	14	-.216853
AC	10	15	-.125666
AC	10	16	-.429178
AC	10	17	-.332718
AC	10	18	-.761619
AC	10	19	-1.40303
AC	10	20	-2.33133
AC	11	1	1.19
AC	11	2	-.0532978
AC	11	3	.0100326
AC	11	4	.0281648
AC	11	5	.043925
AC	11	6	-.0174509
AC	11	7	.0362376
AC	11	8	-.056145
AC	11	9	-1.00522
AC	11	10	.100007
AC	11	11	-.275732
AC	11	12	-.20466
AC	11	13	-.400865
AC	11	14	-.41745
AC	11	15	-.365886
AC	11	16	-.567198
AC	11	17	-.480475
AC	11	18	-.667347
AC	11	19	-.945541
AC	11	20	-1.11626
AC	12	1	1.19
AC	12	2	-.0632979
AC	12	3	.0242904
AC	12	4	.0135
AC	12	5	.0166553
AC	12	6	.0567657
AC	12	7	.0706367
AC	12	8	6.13358E-04
AC	12	9	-.0851234
AC	12	10	-.0641404
AC	12	11	-.555224
AC	12	12	9.75385E-03
AC	12	13	.276001
AC	12	14	.303994
AC	12	15	.202112
AC	12	16	.496872
AC	12	17	.315806
AC	12	18	.621009
AC	12	19	1.03226
AC	12	20	1.30221
AC	13	1	1.05
AC	13	2	.0841489
AC	13	3	-.0469979
AC	13	4	.0268239
AC	13	5	8.51472E-03
AC	13	6	.0211425

RC	13	(7)	.0003714
RC	13	(8)	-.0107358
RC	13	(9)	-.237076
RC	13	(10)	-.116698
RC	13	(11)	-.419825
RC	13	(12)	-.36493
RC	13	(13)	10.3096
RC	13	(14)	11.437
RC	13	(15)	7.54925
RC	13	(16)	18.7837
RC	13	(17)	11.9175
RC	13	(18)	23.5158
RC	13	(19)	39.3378
RC	13	(20)	49.7531
RC	14	(1)	1
RC	14	(2)	-3.19159E-03
RC	14	(3)	.130721
RC	14	(4)	-.0489402
RC	14	(5)	.0249176
RC	14	(6)	-7.67241E-03
RC	14	(7)	.0727406
RC	14	(8)	.0366365
RC	14	(9)	.449637
RC	14	(10)	-.0154425
RC	14	(11)	-.272081
RC	14	(12)	-.188461
RC	14	(13)	4.98084
RC	14	(14)	.145762
RC	14	(15)	.0581691
RC	14	(16)	.474938
RC	14	(17)	.204304
RC	14	(18)	.665726
RC	14	(19)	1.22117
RC	14	(20)	1.74484
RC	15	(1)	.99
RC	15	(2)	-.0426595
RC	15	(3)	.0576309
RC	15	(4)	.132102
RC	15	(5)	-.0279403
RC	15	(6)	-5.35283E-04
RC	15	(7)	.102811
RC	15	(8)	.0129357
RC	15	(9)	.156225
RC	15	(10)	-.155442
RC	15	(11)	-.21915
RC	15	(12)	-.0990216
RC	15	(13)	2.55359
RC	15	(14)	-.188191
RC	15	(15)	-.0937127
RC	15	(16)	.018129
RC	15	(17)	.284645
RC	15	(18)	1.20074
RC	15	(19)	2.4145
RC	15	(20)	3.46527
RC	16	(1)	.95
RC	16	(2)	-.010532
RC	16	(3)	4.37774E-03
RC	16	(4)	.0600915
RC	16	(5)	.134132
RC	16	(6)	-.14349
RC	16	(7)	.141925
RC	16	(8)	.0157422
RC	16	(9)	.143369
RC	16	(10)	-.0495273
RC	16	(11)	-.21413
RC	16	(12)	-.0451114

AK 16	13	)	1.2149
AK 16	14	)	-.146507
AK 16	15	)	-.354582
AK 16	16	)	-2.73217
AK 16	17	)	-1.0031
AK 16	18	)	-3.82353
AK 16	19	)	-7.57019
AK 16	20	)	-10.6972
AK 17	1	)	.98
AK 17	2	)	-.0821276
AK 17	3	)	.0645413
AK 17	4	)	6.3111E-03
AK 17	5	)	.0534287
AK 17	6	)	.105376
AK 17	7	)	.251136
AK 17	8	)	.0518133
AK 17	9	)	.652657
AK 17	10	)	-.06424
AK 17	11	)	-.154076
AK 17	12	)	-.0314177
AK 17	13	)	.812728
AK 17	14	)	-.0601052
AK 17	15	)	-.247197
AK 17	16	)	-2.29789
AK 17	17	)	-.0959795
AK 17	18	)	.270152
AK 17	19	)	.712783
AK 17	20	)	1.05007
AK 18	1	)	.99
AK 18	2	)	-.0626595
AK 18	3	)	-.0138538
AK 18	4	)	.068813
AK 18	5	)	2.6671E-03
AK 18	6	)	.0596479
AK 18	7	)	.229899
AK 18	8	)	.0624262
AK 18	9	)	.734498
AK 18	10	)	-.157134
AK 18	11	)	-.175126
AK 18	12	)	-.0172129
AK 18	13	)	.439042
AK 18	14	)	.0171735
AK 18	15	)	-.112168
AK 18	16	)	-1.16228
AK 18	17	)	-.330673
AK 18	18	)	-.928929
AK 18	19	)	-2.0539
AK 18	20	)	-2.93373
AK 19	1	)	1
AK 19	2	)	-.0631916
AK 19	3	)	6.26647E-03
AK 19	4	)	-.0102431
AK 19	5	)	.0519213
AK 19	6	)	-1.19662E-03
AK 19	7	)	.0735797
AK 19	8	)	.15787
AK 19	9	)	2.21707
AK 19	10	)	-.121979
AK 19	11	)	-.133917
AK 19	12	)	-.020891
AK 19	13	)	.589529
AK 19	14	)	-.0495467
AK 19	15	)	-.055315
AK 19	16	)	-.391579
AK 19	17	)	-.208267
AK 19	18	)	-.886906

RC 19	,	19	)	.483983
RC 19	,	20	)	.823351
RC 20	,	1	)	.99
RC 20	,	2	)	-.0426595
RC 20	,	3	)	-2.36915E-03
RC 20	,	4	)	9.72635E-03
RC 20	,	5	)	-.0224837
RC 20	,	6	)	.0987996
RC 20	,	7	)	.0443304
RC 20	,	8	)	.0468454
RC 20	,	9	)	.791559
RC 20	,	10	)	-.379691
RC 20	,	11	)	-.0829245
RC 20	,	12	)	-.0274444
RC 20	,	13	)	.722017
RC 20	,	14	)	.0281432
RC 20	,	15	)	-.0753397
RC 20	,	16	)	-.713131
RC 20	,	17	)	-.080083
RC 20	,	18	)	-.440153
RC 20	,	19	)	.056137
RC 20	,	20	)	.316375

XC 1	)	.23542
XC 2	)	.0404616
XC 3	)	-.513243
XC 4	)	.612793
XC 5	)	-.4508
XC 6	)	.0503123
XC 7	)	.28653
XC 8	)	-.554254
XC 9	)	.969064
XC 10	)	-.633015
XC 11	)	.0595412
XC 12	)	.32813
XC 13	)	-.685592
XC 14	)	.599153
XC 15	)	-.463444
XC 16	)	.0244083
XC 17	)	.231215
XC 18	)	-1.03689
XC 19	)	1.09733
XC 20	)	-1

$P'(2)$

```

10 >>>>> PGMR D'IDENTIFICATION POUR TRT. PAROLE <<<<<<<<<<<<<<
20 DIM FC(21,2),EB(21,3),EF(21,2),P(20,2),J(20)
30 K=0
40 K=K+1
50 PRINT"INTRODUIRE LES";K;"IEME VALEURS DES OBSERVATIONS"
60 FOR I=1 TO 20
70 INPUT EF(I,K)
80 NEXT I
90 PRINT"INTRODUIRE LES P(I)"
100 FOR I=1 TO 20
110 INPUT P(I,K)
120 NEXT I
130 'INITIALISATIONS
140 EB(I,K)=0
150 S=0:FOR I=1 TO 20
160 S=S+P(I,K)
170 NEXT I
180 PC(1,K)=S/20
190 'CALCUL DES PARAMETRES D'IDENTIFICATION
200 FOR I=1 TO 20
210 T=EF(I,K)*E2+EB(I,K-1)*E2
220 U=2*EF(I,K)*EB(I,K-1)
230 X=0:FOR J=1 TO K
240 X=X+EF(I,J)+EB(I,J-1)*E2
250 NEXT J
260 FC(I+1,K)=FC(I,K)-(P(I,K)*T+U)/X
270 EB(I+1,K+1)=EB(I,K)+P(I,K)*EF(I,K)
280 NEXT I
290 PRINT"POUR K= ";K:PRINT
300 PRINT"ON A LES PARAM. D'IDENT. SUIVANTS:", "ET LES EB"
310 FOR I=1 TO 20
320 PRINT"PC(";I;",";K;")= ";PC(I,K),"EB(";I;",";K;")= ";EB(I,K)
330 NEXT I
340 IF K<2 THEN 40
350 'METHODE DES MOINDRES CARRES
360 FOR N=1 TO 20
370 S=0
380 FOR I=1 TO 20
390 S=S+EF(N-1,I)*E2-EF(N,I)*E2
400 NEXT I
410 PRINT"J(";N;")= ";J(N)
420 NEXT N
430 END

```

RESULTATS POUR K = 1
PARAMETRES D'IDENT.

PCK 1	1)	-0.82745
PCK 2	1)	.58175
PCK 3	1)	-11.8588
PCK 4	1)	8.84175
PCK 5	1)	4.83175
PCK 6	1)	-24.9488
PCK 7	1)	12.5258
PCK 8	1)	-28.9538
PCK 9	1)	-42.6852
PCK 10	1)	-21.2388
PCK 11	1)	25.8387
PCK 12	1)	-17.4288
PCK 13	1)	26.9487
PCK 14	1)	-1704.13
PCK 15	1)	384.287
PCK 16	1)	-3384.37
PCK 17	1)	5281.37
PCK 18	1)	.870887
PCK 19	1)	.870887
PCK 20	1)	12.938

ET EB		
EBK 1	1)	0
EBK 2	1)	0
EBK 3	1)	0
EBK 4	1)	0
EBK 5	1)	0
EBK 6	1)	0
EBK 7	1)	0
EBK 8	1)	0
EBK 9	1)	0
EBK 10	1)	0
EBK 11	1)	0
EBK 12	1)	0
EBK 13	1)	0
EBK 14	1)	0
EBK 15	1)	0
EBK 16	1)	0
EBK 17	1)	0
EBK 18	1)	0
EBK 19	1)	0
EBK 20	1)	0

POUR K=2

PCK 1	2)	-6.58981E-04
PCK 2	2)	.168186
PCK 3	2)	.174651
PCK 4	2)	.189815
PCK 5	2)	.155507
PCK 6	2)	.144826
PCK 7	2)	.145607
PCK 8	2)	.158712
PCK 9	2)	.148328
PCK 10	2)	.165186
PCK 11	2)	.148599
PCK 12	2)	.148302
PCK 13	2)	.1429
PCK 14	2)	.147282
PCK 15	2)	.148806
PCK 16	2)	.148326
PCK 17	2)	.148344
PCK 18	2)	.148465
PCK 19	2)	1.89473
PCK 20	2)	.749832

EBK 1	2)	0
EBK 2	2)	.5208
EBK 3	2)	11.53
EBK 4	2)	19.1
EBK 5	2)	3.21
EBK 6	2)	29.6
EBK 7	2)	-37.478
EBK 8	2)	33.48
EBK 9	2)	21.705
EBK 10	2)	-21.48
EBK 11	2)	-47.478
EBK 12	2)	43.7
EBK 13	2)	-43.8
EBK 14	2)	1868.6
EBK 15	2)	-1419
EBK 16	2)	2719.5
EBK 17	2)	-7426
EBK 18	2)	5891
EBK 19	2)	7.16E-06
EBK 20	2)	-11.565

1 . 1) = .92748
 2 . 1) = .53173
 3 . 1) = -11.9583
 4 . 1) = 8.94173
 5 . 1) = 4.93173
 6 . 1) = -24.9483
 7 . 1) = 12.5253
 8 . 1) = -22.5353
 9 . 1) = -42.5583
 10 . 1) = -21.2333
 11 . 1) = 25.2657
 12 . 1) = -17.4333
 13 . 1) = 25.3657
 14 . 1) = -1904.13
 15 . 1) = 384.367
 16 . 1) = -2334.33
 17 . 1) = 3891.37
 18 . 1) = .370347
 19 . 1) = .37034
 20 . 1) = 12.833

ET EB
 EBC 1 . 1) = 0
 EBC 2 . 1) = 0
 EBC 3 . 1) = 0
 EBC 4 . 1) = 0
 EBC 5 . 1) = 0
 EBC 6 . 1) = 0
 EBC 7 . 1) = 0
 EBC 8 . 1) = 0
 EBC 9 . 1) = 0
 EBC 10 . 1) = 0
 EBC 11 . 1) = 0
 EBC 12 . 1) = 0
 EBC 13 . 1) = 0
 EBC 14 . 1) = 0
 EBC 15 . 1) = 0
 EBC 16 . 1) = 0
 EBC 17 . 1) = 0
 EBC 18 . 1) = 0
 EBC 19 . 1) = 0
 EBC 20 . 1) = 0

ET EB K=2

1 . 2) = -6.588015-04
 2 . 2) = -.166186
 3 . 2) = -.174651
 4 . 2) = -.199913
 5 . 2) = -.165327
 6 . 2) = -.144923
 7 . 2) = -.146657
 8 . 2) = -.155712
 9 . 2) = -.148033
 10 . 2) = -.166186
 11 . 2) = -.146599
 12 . 2) = -.146332
 13 . 2) = -.1499
 14 . 2) = -.147332
 15 . 2) = -.146898
 16 . 2) = -.148326
 17 . 2) = -.148344
 18 . 2) = -.148465
 19 . 2) = 1.89473
 20 . 2) = .749832

EBC 1 . 2) = 0
 EBC 2 . 2) = -.5592
 EBC 3 . 2) = 11.59
 EBC 4 . 2) = -19.1
 EBC 5 . 2) = 3.21
 EBC 6 . 2) = 29.6
 EBC 7 . 2) = -37.475
 EBC 8 . 2) = 33.48
 EBC 9 . 2) = 21.735
 EBC 10 . 2) = -21.48
 EBC 11 . 2) = -47.475
 EBC 12 . 2) = 43.7
 EBC 13 . 2) = -43.8
 EBC 14 . 2) = 1069.5
 EBC 15 . 2) = -1419
 EBC 16 . 2) = 2719.5
 EBC 17 . 2) = -7425
 EBC 18 . 2) = 5891
 EBC 19 . 2) = 7.162-06
 EBC 20 . 2) = -11.655

EBC 1 . 3) = 0
 EBC 2 . 3) = .2209
 EBC 3 . 3) = -.5196
 EBC 4 . 3) = 11.877
 EBC 5 . 3) = -18.4941
 EBC 6 . 3) = 2.769
 EBC 7 . 3) = 29.6475
 EBC 8 . 3) = -37.1919
 EBC 9 . 3) = 32.926
 EBC 10 . 3) = 22.743
 EBC 11 . 3) = -22.2333
 EBC 12 . 3) = -47.4049
 EBC 13 . 3) = 44.8936
 EBC 14 . 3) = -44.622
 EBC 15 . 3) = 1061.22
 EBC 16 . 3) = -1419.08
 EBC 17 . 3) = 2719.53
 EBC 18 . 3) = -7425.71
 EBC 19 . 3) = 5889.76
 EBC 20 . 3) = 1.99186

EDC 1 : 000 0
 EDC 2 : 000 2029
 EDC 3 : 000 5195
 EDC 4 : 000 11077
 EDC 5 : 000 164941
 EDC 6 : 000 2769
 EDC 7 : 000 296473
 EDC 8 : 000 371319
 EDC 9 : 000 39925
 EDC 10 : 000 22743
 EDC 11 : 000 222330
 EDC 12 : 000 474946
 EDC 13 : 000 449336
 EDC 14 : 000 44620
 EDC 15 : 000 106122
 EDC 16 : 000 141200
 EDC 17 : 000 271253
 EDC 18 : 000 742777
 EDC 19 : 000 503976
 EDC 20 : 000 109185

K= 1
 JK 1 : = -09
 K= 1
 JK 2 : = -24.91
 K= 1
 JK 3 : = -75
 K= 1
 JK 4 : = -125
 K= 1
 JK 5 : = -175
 K= 1
 JK 6 : = -225
 K= 1
 JK 7 : = -275
 K= 1
 JK 8 : = -325
 K= 1
 JK 9 : = -375
 K= 1
 JK 10 : = -424.999
 K= 1
 JK 11 : = -475.001
 K= 1
 JK 12 : = -57500
 K= 1
 JK 13 : = -152900
 K= 1
 JK 14 : = -750001
 K= 1
 JK 15 : = -1.25E+05
 K= 1
 JK 16 : = -1.75E+05
 K= 1
 JK 17 : = -5E+05
 K= 1
 JK 18 : = 9E+05
 K= 1
 JK 19 : = -25
 K= 1

K= 1	
JK 1	)= -0.89
K= 1	
JK 2	)= -24.91
K= 1	
JK 3	)= -75
K= 1	
JK 4	)= -125
K= 1	
JK 5	)= -175
K= 1	
JK 6	)= -225
K= 1	
JK 7	)= -275
K= 1	
JK 8	)= -325
K= 1	
JK 9	)= -375
K= 1	
JK 10	)= -424.999
K= 1	
JK 11	)= -475.001
K= 1	
JK 12	)= -87500
K= 1	
JK 13	)= -160000
K= 1	
JK 14	)= -750001
K= 1	
JK 15	)= -1.25E+06
K= 1	
JK 16	)= -1.75E+06
K= 1	
JK 17	)= -5E+06
K= 1	
JK 18	)= 9E+06
K= 1	
JK 19	)= -25
K= 1	
JK 20	)= -75

K= 2
JK 1)= -.9736
K= 2
JK 2)= -25.0065
K= 2
JK 3)= -75.0199
K= 2
JK 4)= -124.98
K= 2
JK 5)= -174.99
K= 2
JK 6)= -224.942
K= 2
JK 7)= -275.078
K= 2
JK 8)= -325.02
K= 2
JK 9)= -375.103
K= 2
JK 10)= -425.313
K= 2
JK 11)= -475.021
K= 2
JK 12)= -57500
K= 2
JK 13)= -160000
K= 2
JK 14)= -750001
K= 2
JK 15)= -1.25E+06
K= 2
JK 16)= -1.75E+06
K= 2
JK 17)= -5E+06
K= 2
JK 18)= 9E+06
K= 2
JK 19)= -24.6625
K= 2
JK 20)= -74.5375

CONCLUSION :

L'objet, de ce travail était l'étude d'un processus stochastique, en utilisant une méthode séquentielle d'identification des paramètres du système.

Il convient de noter, que le but de l'identification est l'amélioration, la connaissance du processus pour une politique commande ou pour prédire, le comportement futur du système.

L'importance de la méthode séquentielle résulte essentiellement, par le fait qu'elle nous permet de déterminer l'ordre de notre système, et cela à partir de la valeur J_n , du carré de la somme, des sorties résiduelles, entre les étages successifs, de la structure en treillis.

La partie essentielle de ce travail, est l'application du processus autorégressif (AR) au signal de la parole.

Les expériences ont consistés à analyser le spectre temporel de la lettre b.

L'application, de l'algorithme d'identification, est une étape dans la modélisation du signal de la parole, en délimitant suivant la nature du son émis, son assimilation au processus AR ou au processus ARMA.

BIBLIOGRAPHIE

Commande et régulation par calculateur numérique

éditions EYROLLES

C. FOULARD
S. GENTIL
J.P. SANDRAZ

Le filtrage numérique

éditions EYROLLES

Walid P. SALMAN
Marc S. SOLOTAREFF

Automatique T. II

éditions MASSON et Cie

R. PRUDHOMME

Méthodes Numériques Appliquées

édition C.P.U.

M. BOUMAH RAT
A. GOURDIN

Programmation Basic

série SCHAUM - Mac Grax Hill (1982)

Byron S. GOTTFRIED

Génération de nombres aléatoires autocorrétés

Marc Badet

Rapport de recherche N°265 Nov. 77

IRIA Laboria

Etude de programme pour la reconstitution de la parole par
prédiction linéaire

Projet de fin d'études (ENPA) Janv. 84

