République Tunisienne

الجمهورية التونسية

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

وزارة الفلاحة

CENTRE NATIONAL DE
DOCUMENTATION AGRICOLE
TUNIS

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE

DGPDIA/MH/930301/

PREVISIONS ECONOMIQUES PAR L'UTILISATION DES METHODES D'ANALYSE DES SERIES CHRONOLOGIQUES.

Stage effectué à l'Institut Arabe de Planification au Kuwait
du 6 Fevrier au 18 Fevrier 1993

HAJJEM MANSOUR

SOMMAIRE

I) INTRODUCTION

La prévision est une opération d'anticipation et d'estimation d'un événement ou d'une valeur spécifique de l'évéenement à prévoir , en d'autre terme une tentative de connaissance de l'avenir.

L'opération de prévision est dite scientifique si elle vérifie les conditions suivantes:

- L'opération de prévision doit se baser sur une étude scientifique et une analyse logique des donnes concernant l'événement.

- La prévision se fait à travers des hypothèses bien déterminées tirées de l'expérience et de la connaissance disponible concernant l'événement en soi même ou l'environnement qui l'entoure.

- envisager la probabilite de réalisation de l'événement avec un degré de confiance déterminé.

Il existe une forte relation entre la prévision et la planification .Cette relation se traduit par l'existence d un point commun qui est la notion du futur.

La planification s'appuie entre autre sur les prévisions, ainsi que la prévision s'appuie de sa part sur les plans connus.

Le planificateur établit par exemple son plan de production en se basant sur plusieurs acteurs parmi les quels on cite la prévision de la demande extérieure des produits exportables.Et l'homme de prévision de sa part prévoit le PIB de la nation pour l'année prochaine en tenant compte des plans et programmes de developpement de la production fixe par le gouvernement

Donc , à partir de ce qui precede on en deduit l'inter-relation qui existe entre la prévision et la planification et par conséquent l'importance de la prévision dans toutes actions de planification.

Alors dans ce présent travail, je présenterai quelques méthodes d'analyse et de prévision des series chronologiques et essentiellement celle de BOX et JENKINS..

II) LES METHODES DE PREVISIONS

Les méthodes de prévision dites d'analyse de séries chronologiques sont fondées, pour les plus usuelles, sur la notion de pondération qu'on affecte à des observations récentes de l'événement à prévoir. On prend alors pour prévision la somme pondérée des valeurs observées.

La plupart des différences entre ces méthodes tiennent simplement à ce qu'il existe un grand nombre de façon de déterminer les diverses pondérations à mettre en oeuvre.

1) Méthodes élémentaires.

La première de ces méthodes (une des plus simples des méthodes chronologiques) utilise, pour prévision la valeur observée la plus récente.

2) Moyenne mobile

Lorsque l'horizon temporel d'une prévision est relativement court, le facteur critique est en général l'élément aléatoire.Pour en minimiser l'influence sur telle prévision particulière, on peut calculer la moyenne de plusieurs observations passées, plutôt que d'en utiliser une seule.

La méthode de la moyenne mobile est une des façon les plus simple de réduire l'influence de l'aléa.

Au fur et à mesure que de nouvelles observations deviennent disponibles elles peuvent être intégrées dans la moyenne, ce qui la rend mobile dans le temps.

3) Lissage exponentiel

Cette approche de la prévision chronologique est fort semblable à celle de la moyenne mobile, mais n'utilise pas une série constante de pondérations pour les N observations les plus récentes.On prend plutôt une série de pondérations décroissant exponentiellement de sorte que les valeurs les plus récentes reçoivent un poids plus élevé que les anciennes.

4) Modèles Autoregressifs de Moyenne Mobile

Les plus sophistiquées des méthodes d'analyse de séries chronologiques sont connues sous le nom de modeles "ARMA" (Auto-Regressive Moving Average).Partant de la même philosophie que les méthodes mentionnées ci-dessus.Ces modeles utilisent un procédé different pour determiner combien d'observations passées doivent être prises en compte pour le calcul de la prevision et quelles pondérations on doit affecter à ces observations.Box et Jenkins ont mis au point un modele de ce type qui se trouve être le plus couramment utilisé.Il s'agit d'une série de régles permettant d'identifier le modele ARMA le plus adéquat (C'est à dire de determiner le nombre d'observations à inclure dans le modele et de specifier les poids, ou valeurs de parametres qu'il convient d'appliquer).On choisit ces paramétres selon des techniques statistiques de telle sorte que l'erreur (ou la difference entre la valeur réelles et la valeur prevue) pour n'importe quelle periode soit reduite au minimum.

5) Regression multiple

Dans sa forme la plus simple, cette methode de prevision peut être considérée comme facon differente de determiner les poids à affecter aux valeurs passées d'une variable.Dans ce cas , la prevision est basée non seulement sur les valeurs passees de l'évènement à prévoir, mais aussi sur d'autres variables dont on pense qu'elles ont une relation causale avec la première.

6) Méthodes économétriques

En technique stricte, les equations de régressions comme celles décrites ci-dessus font partie de l'économétrie.Toutefois, lorsqu'ils parlent d'économetrie la plupart des responsables et des praticiens évoquent des systémes de deux equations de régressions ou plus,plutôt que des équations uniques.Ainsi une societe qui développerait un modèle économetrique censé représenter sa branche d'activite le construirait sur un systeme de plusieurs equation simultanees.

Un des avantages des modéles économetriques est que les inter-relations entre des variables independantes dans n'importe quelle équation unique peuvent être integrées dans d'autres equations, et leurs valeurs determinées simultanement.

Ceci peut permettre une bien meilleure représentation de la réalité

La complexite des modeles économetriques pèse lourdement sur leur coût et ne les rend accessibles, en général, que pour les grands agrégats (prévisions globales de sociétés d'industries ou previsions nationales) ou pour des projections à long terme.

III) METHODE DE BOX ET JENKINS

Dans ce qui suit Je vais essayer de presenter avec un peu de détail les Méthodes de Box et Jenkins, et puis donner une idée globale sur l'utilisation du logiciel "MINITAB" qui traite entre autre les prévisions économiques par l'utilisation des méthodes des séries chronologiques.

1) La Méthode de Box et Jenkins

La méthode de Box et Jenkins n'est pas seulement une techniques mais est aussi une méthodologie pour guider l'analyse en prévision dans le choix d'un modele adéquat par rapport aux donnees en sa possession (historiques de séries chronologiques)

De plus à l'oppose des autres méthodes de prévision la procédure Box et Jenkins ne spécifie pas à priori la forme du modèle qui sera utilise pour effectuer des prévisions.Le choix du modèle résulte d'une procédure itérative.

A travers cette démarche itérative, la méthode Box et Jenkins cherche en s'appuyant sur le processus stochastiques à décomposer une chronique en une partie aléatoire appelée bruit blanc et en une autre partie structurée sous la forme d'un modèle stochastique connu.

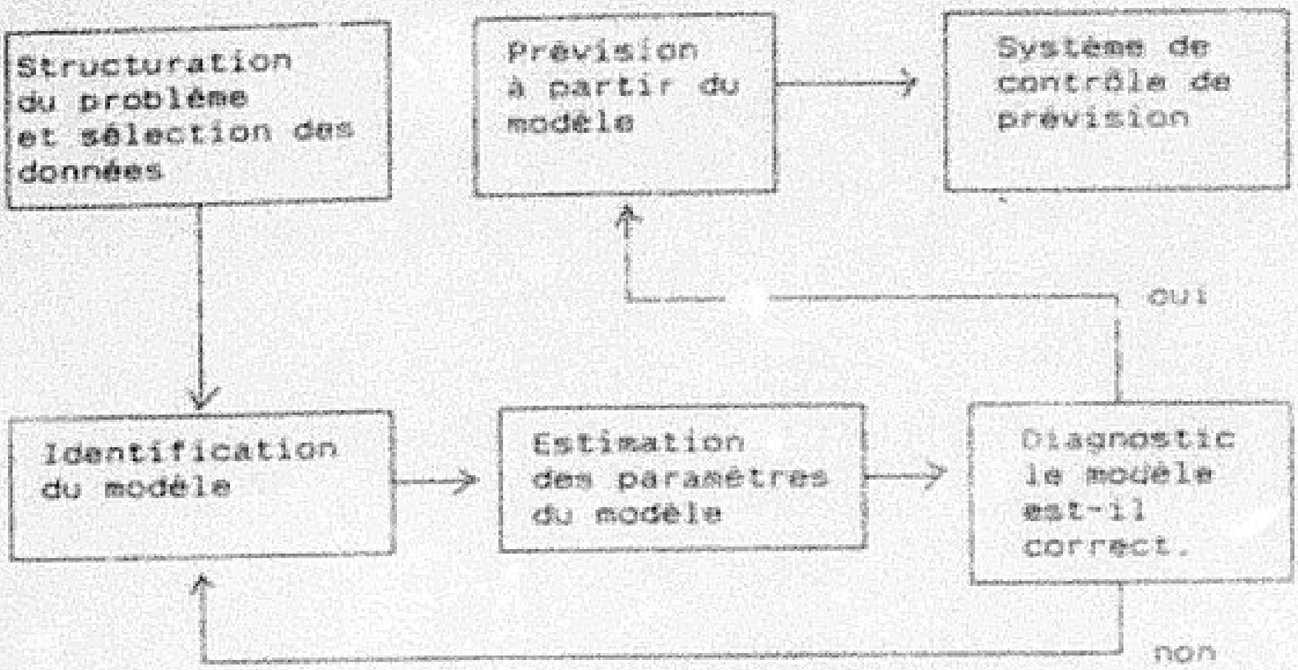
2) Etapes de la procédure

La méthode Box et Jenkins part de modèles stochastiques les plus généraux appelés ARMA (Autoregressif-Moving-Average) et l'utilisateur va selectionner dans l'étape appelée identification une classe de modèles qui peuvent décrire la procédure de génération de ses données.L'étape suivante estime les paramètres optimaux du modèle dans la classe selectionnée et effectue un diagnostic sur les erreurs d'ajustement (Valeur Observée-Valeur calculée par le modèle).Ce contrôle permet de s'assurer que le modèle est adéquat.

Si le contrôle est positif, le modèle est utilisé pour générer des prévisions .Sinon il faut revenir à la phase identification.

Le diagramme suivant montre les différentes étapes de la procédure pour un problème de prévision.

Diagramme de la procédure Box et Jenkins



3) Les modèles ARMA

La démarche Box et Jenkins cherche à identifier un processus stochastique qui approxime au mieux les données disponible d'une chronique.En d'autres termes, il s'agit de rechercher un modèle qui décrira aussi bien que possible en terme de probabilités la suite d'observations disponibles.

Pour développer leur méthodologie.Box et Jenkins se sont appuyés sur les travaux de Wold (1954) qui a démontré que tout processus stochastique stationnaire peut s'exprimer à l'aide d'un modèle ARMA mélange d'un modèle autorégressif et d'un modèle de moyennes mobiles.

La stationnarité d'une chronique signifie de façon intuitive que la série oscille autour d'une constante (donc pas de tendance) et qu'il n'y a pas de perturbations saisonnières.

Si l'on se réfère au processus stochastique du quel est issue la chronique, on dira que celui-ci est un processus stationnaire si l'on constate une invariance dans le temps des moments d'ordre 1 et 2 et si la covariance de deux variables aléatoires aux périodes t et t+k ne dépend que du décalage k .

c'est à dire que pour tout t on a:

$E(Zt) = m$

$Var(Zt) = \sigma 2$

$= E(Zt-m)(Zt+k-m)$; $k=0, \pm 1, \ldots$

Dans la réalité, on n'est presque jamais confronté à des séries stationnaires.

Aussi la première démarche Box et Jenkins consistera à stationnariser la chronique que l'on cherche à analyser et à partir de laquelle on désire effectuer des prévisions.

a) le modèle autorégressif d'ordre p : AR(p)

Ce modèle explique la valeur de la chronique à la période t comme la somme d'un terme aléatoire At et d'une combinaison linéaire des p valeurs antérieures de la chronique. Ce modèle apparaît comme une régression multiple où l'on cherche à expliquer la valeur prise par la chronique aux périodes décalées t-1........t-p. C'est en ce sens que l'on dit que le modèle est autorégressif d'ordre p et on le note AR(p)

$$Z_t = \delta + \phi_1 . Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \phi_3 Z_{t-3} + \phi_4 Z_{t-p} + A_t$$

où (At) est un processus purement aléatoire appelé encore bruit blanc tel que:

$$E(A_t)=0$$

$$E(A_t A_{t-k}) = \begin{cases} 0 \text{ pour } k \text{ différent de } 0 \\ \sigma^2 \text{ pour } k = 0 \end{cases}$$

b) le modèle de moyenne mobile d'ordre q

Ce modèle explique la valeur de la chronique à la période t comme la somme d'un terme aléatoire At et d'une combinaison linéaire des erreurs (ou résidus) sur les q dernières observations.

$$A_{t-1} = Z_{t-1} - \hat{Z}_{t-1} \ldots\ldots\ldots A_{t-q} = Z_{t-q} - \hat{Z}_{t-q}$$

Ainsi le modèle noté MA(q) s'écrit:

$$Z_t = \mu + A_t - \theta_1 A_{t-1} - \theta_2 A_{t-2} - \ldots\ldots - \theta_q A_{t-q}$$

où (At) est un processus purement aléatoire appelé comme dans le cas précédent bruit blanc.

c) Modèle mélangé ARMA(p,q)

Les représentations d'un processus sous la forme AR(p) ou MA(q) peuvent contenir une infinité de paramètres ϕi et θi.

Aussi pour restreindre le nombre de paramètres à estimer, Box et Jenkins proposent de mélanger les modèles AR et MA, ce qui permet d'avoir d'une part le minimum de paramètres à estimer et d'autre part d'assurer une grande flexibilité sur la forme du modèle.

Toute série stationnaire (Zt) pourra se représenter sous la forme d'un ARMA (p,q):

$$Zt = \phi 1\ Zt-1 + \ldots + \phi pZt-p + At - \theta 1\ At-1 - \ldots - \theta q\ At-q$$

4) Les modèles ARIMA (Autoregressif Intergrated-Moving Average)

Box et Jenkins ont généralisé la classe des modèles ARMA pour couvrir le cas des séries non stationnaires qui ne fluctuent pas autour d'un niveau fixe et qui possédant une composante conjoncturelle (trend) et/ou une périodicité.

Pour stationnariser les séries initiales,ils proposent d'utiliser la méthode des différences finies .

Si l'on appelle (Zt) la série initiale ,les différences d'ordre un et deux seront représentés respectivement par

$$Wt = Zt - Zt-1$$

$$Wt-1 = Zt-1 - Zt-2$$

$$zt = Wt - Wt-1 = (Zt - Zt-1) - (Zt-1 - Zt-2) =$$

$$= Zt - 2\ Zt-1 + Zt-2.$$

La différence d'ordre 1 s'applique à des séries présentant des variations par palier. la différence d'ordre 2 est utilisée pour des séries présentant des paliers et une tendance

Cependant,sachant que la caractéristique fondamentale d'une série saisonnière de période s est la similarité des observations qui sont séparées par s intervalles.On peut s'attendre à ce que la différence Zt - Zt-s joue un rôle important pour stationnariser une série saisonnière.

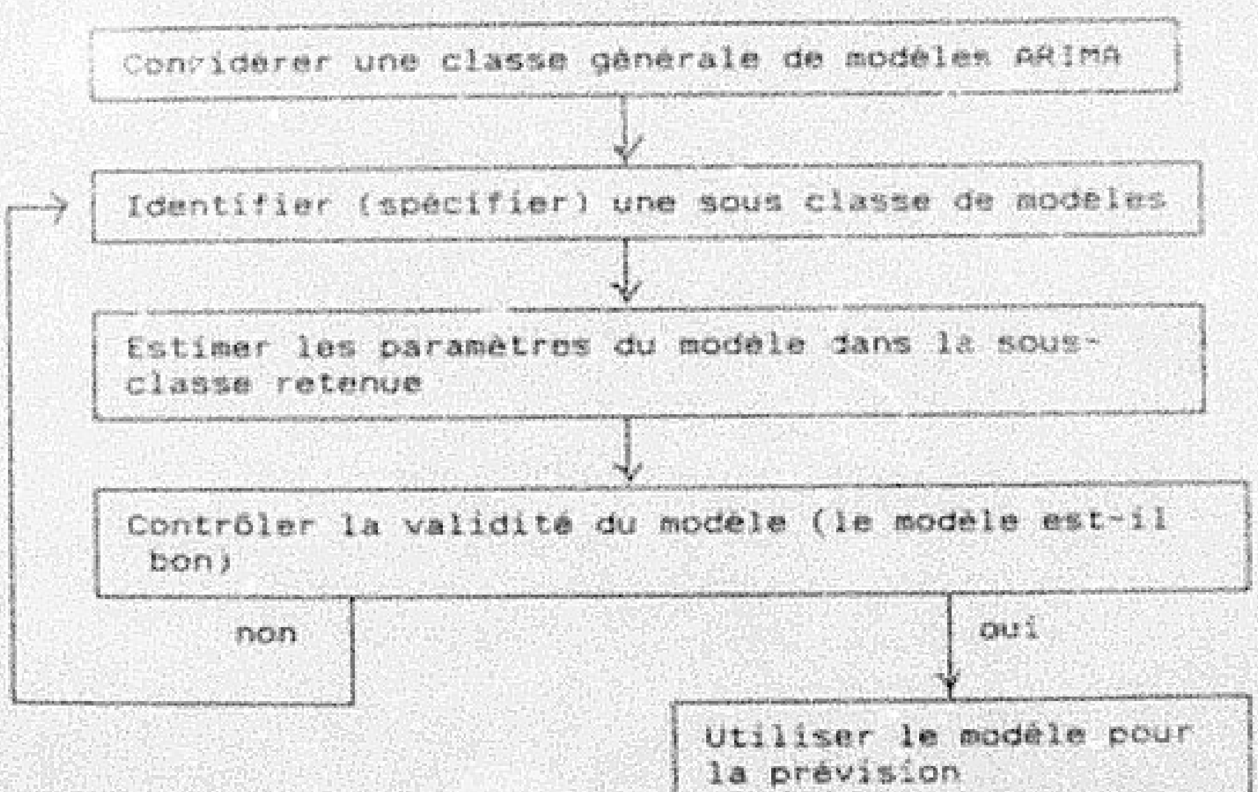
Très souvent le "prévisionniste" est confronté à des séries présentant à la fois une tendance et une saisonnalité (cette dernière est souvent masque par la tendance), aussi il est généralement nécessaire de combiner ces deux types de différenciation..

On reviendra ensuite à la série initiale en effectuant une suite d'additions successives (d'où l'introduction du terme "integrated" dans ARIMA).

5) La démarche itérative pour construire un modèle

La démarche développée par Box et Jenkins est une procédure itérative décomposée en 3 phases "identification-estimation-contrôle de validité" pour sélectionner le modèle adequat décrivant la structure des corrélations entre les données disponibles.

Cette procédure est décrite dans le diagramme de la figure suivante:



Description des phases de la méthode Box et Jenkins

i) Identification

Au cours de cette phase, et comme les modèles ARMA ne s'appliquent qu'à des séries stationnaires, il faut au préalable "stationnariser" les séries. Une fois la stationnarité assurée, la procédure consiste à choisir les ordres p et q d'un modèle ARMA qui décrive convenablement la série transformée.

Dans cette phase l'outil de base est la fonction d'autocorrélation empirique (cette fonction sera traitée au paragraphe suivant)

ii) Estimation

Cette deuxième phase va permettre d'estimer les coefficients du modèle ARMA sélectionné dans la phase d'identification à condition que le processus bruit blanc (At) ait une distribution normale N(0,σ). Il est possible d'estimer les paramètres du modèle en cherchant à minimiser la somme des carrés des erreurs(MSE)

iii)Contrôle-Validation

La phase précédente a permis d'estimer de façon optimale (au sens MSE) les coefficients du modèle ARMA spécifié dans la phase identification.

Si l'analyse statistique des résidus (Valeur réelle-Valeur estimée par le modèle) porte à croire qu'il y a une mauvaise adéquation entre les valeurs estimées et les valeurs réelles de la série, il faut remettre en cause le choix des paramètres du modèle et non l'estimation des coefficients AR et MA.

C'est par l'inspection de la fonction d'autocorrelation estimée des residus qu'il est possible d'affirmer si le modele est correct ou non.

Dans l'affirmative, les coefficients d'autocorrelation estimes doivent presenter le meme comportement que les coefficients d'autocorrelation d'un bruit blanc, c'est à dire significativement nuls oscillant autour de 0 de facon aleatoire en ne faisant apparaitre aucune structure. Si tel n'est pas le cas, il faut reviser le modele en tenant compte de la structure detectee entre les residus.

Deux tests statistiques sont utilises. l'un permet de tester si chaque coefficient d'autocorrelation des residus est significativement different de zero à l'aide de l'ecart type estime (1/racine carre de n) avec n: nombre de termes de la serie differentiel.

l'autre test permet de tester globalement la non significativite de k coefficients d'autocorrelation.

Qk = n somme (r2k(a)) i=m $\leq \chi^2_r(\alpha)$

avec rk(a) est le coefficient d'autocorrelation empirique d'ordre k des residus estimes (a).

La statistique Qk suit approximativement χ^2 à (k-m) degrés de liberte ou m est le nombre total de paramètres à estimer dans le modèle identifie.

iv) Prévision

Cette derniere phase consiste à generer des previsions à partir d'une fonction basée sur les valeurs observees de la serie étudiee.Cette fonction est appelée fonction de prediction.

Généralement, on cherche une fonction de prediction qui rende minimum l'espérance mathematique du carré de l'erreur de prévision.

De facon plus precise et compte tenu de ce critère on cherche la prevision $h(Z1,....Zn) faite à l'epoque n pour la valeur future Zn+h qui minimise E(Zn+h-$h(Z1,......Zn)e2 où Z1...Zn sont des valeurs observées jusqu'à l'epoque n.

Pour plus de commodité d'écriture. on note cette prévision [opt]imale $Zn(h)$.On montre en théorie de la prédiction que la [pré]vision $Zn(h)$ est donnée par l'espérance de l'observation [fut]ure $Zn+h$ conditionnellement aux valeurs observées $Z1....Zn$.

donc $Zn(h)=E(Zn+h/Z1...Zn)$ ($h \geq 1$).

Box et Jenkins ont montré que chaque prévision $Zn(h)$ peut [se] mettre sous la forme d'une combinaison linéaire des [ob]servations à l'époque n

$$Zn(h)=c1\ ZN + c2\ Zn-1 + c3\ Zn-2 + \ldots\ldots$$

ou les coefficients ci sont estimés à partir des [c]oefficients du modèle sélectionné.

Cette constatation permet dans la pratique d'automatiser [l]es calculs de prévision.

Compte tenu de l'hypothèse de normalité du bruit blanc (At), il est possible d'associer à chaque prévision $Zn(h)$ un intervalle de prévision qui a la probabilité ($1-\alpha$) de recouvrir la vraie valeur $Zn+h$ (inconnue à l'époque n).Les limites de cet intervalle se calculent à partir des coefficients du modèle et de l'écart type estimé du bruit blanc.

6) La fonction d'autocorrélation empirique

La fonction d'autocorrélation empirique (ac) d'une série est un outil essentiel pour s'assurer de la sationnarité de la série .

Cette fonction empirique ac de la série initiale ou d'une série différenciée s'exprime par:

$rk= (Somme(Zt-z)(Zt+k - z))/Somme(Zt-z)2$, avec $t=1.....n-k$ et $k=1,2.....n/4$, où z est la moyenne des n données disponibles.

Ainsi le coefficient d'autocorrélation empirique rk apparait comme un coefficient de corrélation linéaire entre la variable Zt et la variable décalée Zt+k.

On démontre que le coefficient d'autocorrélation empirique rk pour tout processus stationnaire elte est un estimateur sans biais du coefficient d'autocorrélation théorique ϱk

ϱk= E (Zt-μ)(Zt+k - μ) / E(Zt-μ)2

E(Zt)=E(Zt+k)=μ: Quelque soit k entier positif.

La propriété importante de la fonction d'autocorrélation eqké d'un processus stationnaire est de décroitre rapidement vers 0 en fluctuant autour de cette valeur lorsque le décalage k augmente.

Ainsi, en traçant la fonction d'autocorrélation empirique erké, il sera possible de juger de la stationnarité de la série.

7) Choix d'un type de modèle ARMA

Dès que l'on a l'assurance que la série est stationnaire, il reste à déterminer à partir de la fonction d'autocorrélation empirique de la série différenciée, les ordres p et q du modèle autorégressif et du modèle moyenne mobile.On peut montrer que la fonction ac d'un MA(q) a ses q premiers coefficient d'autocorrélation non nuls,tandis que les coefficient d'ordre plus élevés (supérieurs à q) sont nuls.

Ainsi, pour une série stationnaire non saisonnière il sera possible d'identifier un modèle , de trouver un jeu de paramètre p et q tel que la fonction d'autocorrélation empirique de la série stationnaire présente une similarité avec la fonction d'autocorrélation théorique d'un modèle ARMA(p,q).

Cette identification n'est pas toujours aisée, car la fonction empirique ac est perturbée par le bruit blanc eacé que l'on cherche précisément à isoler .Aussi Box et Jenkins proposent d'utiliser la fonction d'autocorrélation partielle éacpé.Cet outil permet de distinguer l'ordre p de la partie autorégressive du modèle .De façon plus précise, ces deux fonctions font apparaître la dualité existant entre un AR et un MA .Ainsi la fonction eacpé d'un processus AR s'étudie de la même façon que la fonction ac d'un MA de même ordre et réciproquement.

On démontre que le coefficient d'autocorrélation empirique rk pour tout processus stationnaire e/te est un estimateur sans biais du coefficient d'autocorrélation théorique Qk

$Qk = E\,(Zt-\mu)(Zt+k-\mu)\ /\ E(Zt-\mu)2$

$E(Zt)=E(Zt+k)=\mu$: Quelque soit k entier positif.

La propriété importante de la fonction d'autocorrélation eake d'un processus stationnaire est de décroître rapidement vers 0 en fluctuant autour de cette valeur lorsque le décalage k augmente.

Ainsi, en traçant la fonction d'autocorrélation empirique erke, il sera possible de juger de la stationnarité de la série.

?) Choix d'un type de modèle ARMA

Dès que l'on a l'assurance que la série est stationnaire, il reste à déterminer à partir de la fonction d'autocorrélation empirique de la série différenciée, les ordres p et q du modèle autorégressif et du modèle moyenne mobile.On peut montrer que la fonction ac d'un MA(q) a ses q premiers coefficient d'autocorrélation non nuls,tandis que les coefficient d'ordre plus élevés (supérieurs à q) sont nuls.

Ainsi, pour une série stationnaire non saisonnière il sera possible d'identifier un modèle , de trouver un jeu de paramètre p et q tel que la fonction d'autocorrélation empirique de la série stationnaire présente une similarité avec la fonction d'autocorrélation théorique d'un modèle ARMA(p,q).

Cette identification n'est pas toujours aisée, car la fonction empirique ac est perturbée par le bruit blanc eace que l'on cherche précisément à isoler .Aussi Box et Jenkins proposent d'utiliser la fonction d'autocorrélation partielle eacpe.Cet outil permet de distinguer l'ordre p de la partie autorégressive du modèle .De façon plus précise, ces deux fonctions font apparaître la dualité existant entre un AR et un MA .Ainsi la fonction eacpe d'un processus AR s'étudie de la même façon que la fonction ac d'un MA de même ordre et réciproquement.

Comme les séries que l'on rencontre peuvent être influencées par des facteurs saisonniers ,Box et Jenkins utilisent un modèle général intégrant l'effet saisonniers .La compréhension de la construction de ce modèle peut être favorisée par la remarque suivante .Lorsque on analyse une série qui présente un comportement saisonnier dont la périodicité s est connue , s=12 par exemple, il faut s'attendre à trouver des relations

- entre les observations d'un même mois au cours des années successives

- entre les observations du mois successifs d'une même année.Ainsi l'analyste en prévision doit simultanément détecter les relations éventuelles entre les données successives et entre les données successives et entre les données Z_t, Z_{t-12}, Z_{t-24}..

(si la périodicité s = 12).Box et Jenkins proposent de relier ces derniers données à l'aide d'un modèle ARMA s (p,q) (s pour saisonnier).Le problème reviendra alors à sélectionner les paramètres p et q les mieux adaptés aux données.La combinaison (multiplicative) du modèle défini par le point (1) et le point (2) aboutira au modèle multiplicatif ARMA (p,q) * ARMA s (p,q)

9) Conclusion

La méthode Box et Jenkins est une procédure qui tend à s'implanter de plus en plus au détriment des techniques ou des systèmes de prévision plus classiques.De ce fait, cette méthode s'est avérée très efficace dans nombre de cas pratiques,ce qui explique son utilisation croissante par les analystes en prévision appartenant à des sociétés de conseil ou des entreprises étrangères .De plus cette situation tend à s'accélérer depuis que les derniers programmes informatiques disposent de la version la plus élaborée de la procédure Box et Jenkins.

Cependant de par sa généralité, sa complexité, cette approche n'est pas sans présenter certains inconvénients.

Bien que l'utilisateur soit guidé dans le système , cette procédure nécessite des connaissances en statistique mathématique.

IV) PRESENTATION DES LOGICIELS ECONOMETRIQUES ET STATISTIQUES

Dans cette partie , je vais presenter les nom et les adresses des vendeurs de quelques logiciels d'analyse statistique et econometrique concue pour IBM.PC et Compatibles. Ainsi , je vais donner les principales commandes de base du logiciel MINITAB pour le traitement et la prevision d'une serie chronologique.

1) Statistics and Econometrics Software for the IBM.PC and Compatibles:

-AREMO/PC. Wharton Econometric Forecasting Associates. 3624 Science Center, Philadelphia, PA 19104, (215)-386-9000.

-BASSSTAT. Bass Institute Inc., P.O Box 349, Chapel Hill, NC 27514, (919)-933-7096.

-ESP. Economic Software Package, 76 Bedfort St, Suite 33, Lexington, MA 02173, (617)-861-8852.

-RATS. VAR Econometrics, P.O Box 8000, SAS Circle, Cary, nc 27511-8000, (919)-467-8000.

-STATA. Computing Ressource Center, 10801 National BKVD.23 RD Floor, Los Angeles, CA 90064, (800)-STATAPC in California,(213)-470-4341.

-SYSTAT. Systat Inc., 1800 Sherman Ave., Evanston, IL 60201,(312)-864-5670.

-MINITAB.Minitab, 3081 Enterprise Dr., State College, PA 16801, (814)-23803280.

2) Présentation du MINITAB

Ainsi **MINITAB** est un logiciel qui s'interesse aux analyses statistiques. il est puissant et flexible.

MINITAB consiste à une feuille de travail composée des lignes et des colonnes. dans les quelles les données sont emmagasinées. et une collection de presque 180 commandes .

Les principales commandes utilisées dans l'analyse d'une série chronologique sont:

MTB> READ INTO C1 DATA>84 DATA>88 DATA>85 DATA>91 DATA>90 DATA>END 5 ROWS READ	Lecture des donnés
MTB> [illegible]T C1 ROW 1 [illegible] 2 88 3 85 4 91 5 90	Ecriture des donnés
MTB> ACF C1	Traçer la fonction autocorrelation function

Si la serie n'est pas stationnaire.on la rend stationnaire en utilisant la fonction suivante

MTB> DIFF C1 C2	**C2 présente la nouvelle série qui est stationnaire**
MTB> ACF C2	**Chercher l'ordre p de la fonction AR**
MTB> PACF C2	**Chercher l'ordre q de la fonction MA**

Une fois ces opérations ont été effectues.On peux choisir entre différent modèle ARIMA(p,q),et puis On traite de la facon suivante chaque ARIMA à part et on déduit le meilleur modèle.

```
MTB> ARIMA p 0 q C2   ou.
MTB> ARIMA P 1 q C1
```

où 1 indique qu'on a appliqué la formule de stationnarité sur la série principale C1 une seule fois.

La machine nous donne les indications suivantes:

```
Final Estimates of Parameters
 Type         Estimate      St.Dev.   t-ratio
 AR    p
 MA    q
 Constant
 Mean

 No. of obs. :
 Residuals:          SS =
                     MS =          DF=

 Modified Box-pierce chisquare statistics
 Lag               12                24                36
 Chisquare      (DF= )              (DF= )
```

Le choix de critère sera l'écart type (MS) le plus petit dans les modèles traités.

Une fois le modèle s' est avéré bon . on peut l'utiliser pour la prévision:

```
MTB> ARIMA p 0 q C2;
SUBC> forecast 55 15 C3
```

Forecasts from period 55 and for 15 times.

ANNEXE

تقرير نمطي حول نتائج نماذج بوكس وجنكنز

د. عمـــاد الإمـــام

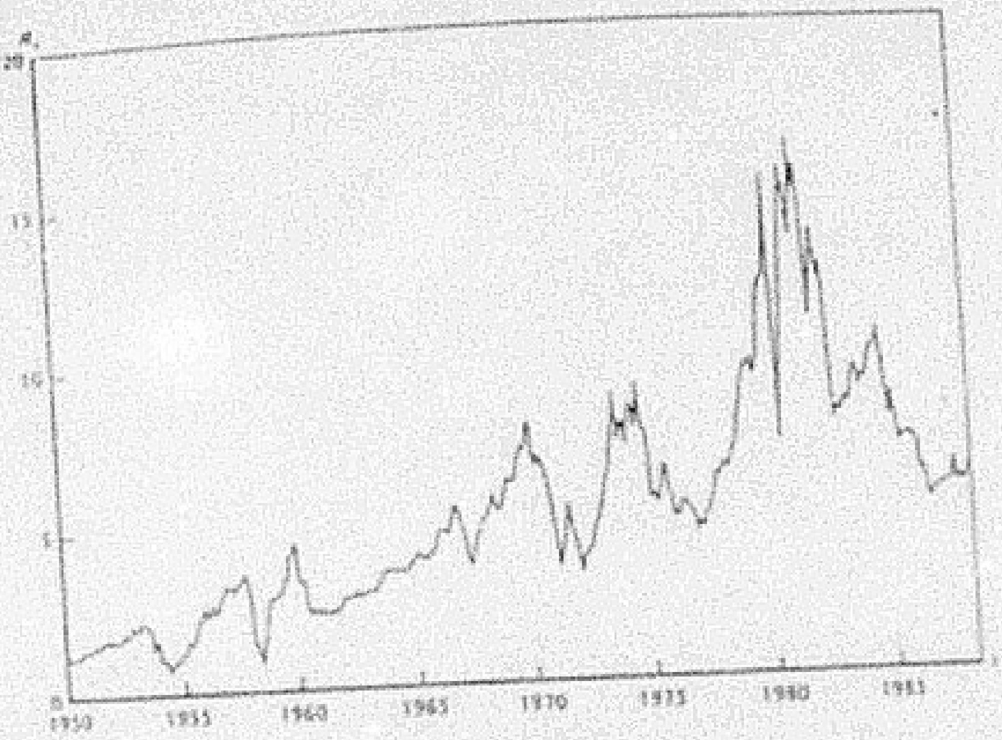
تقرير نمطي حول نتائج نماذج بوكس وجنكنز

ملاحظــــــة:

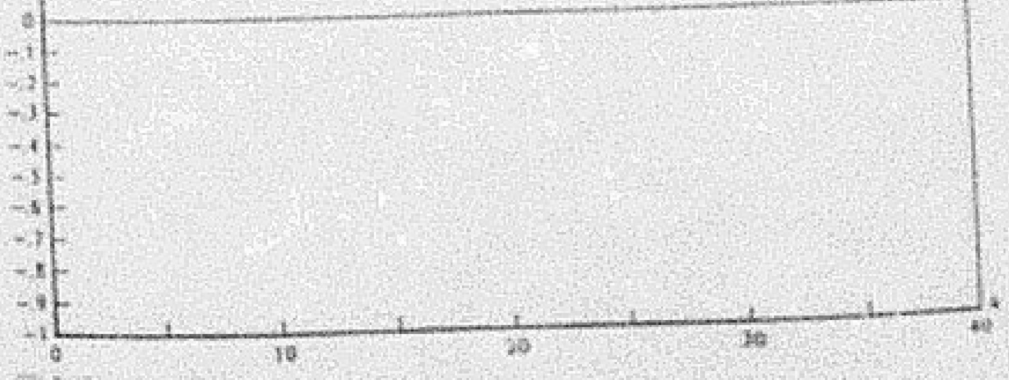
(هذا التقرير يهم بيانات سعر الفائدة المقدمة في المحاضرة الماضية)

السلسلة تحت الدرس تضم بيانات شهرية لسعر الفائدة ابتداء من 1950 الى يونيو 1988. الاشكال 1 أو 2 تبين شكل البيانات الخام وشكل الارتباط الذاتي لهذه البيانات.

شكــــل (1)

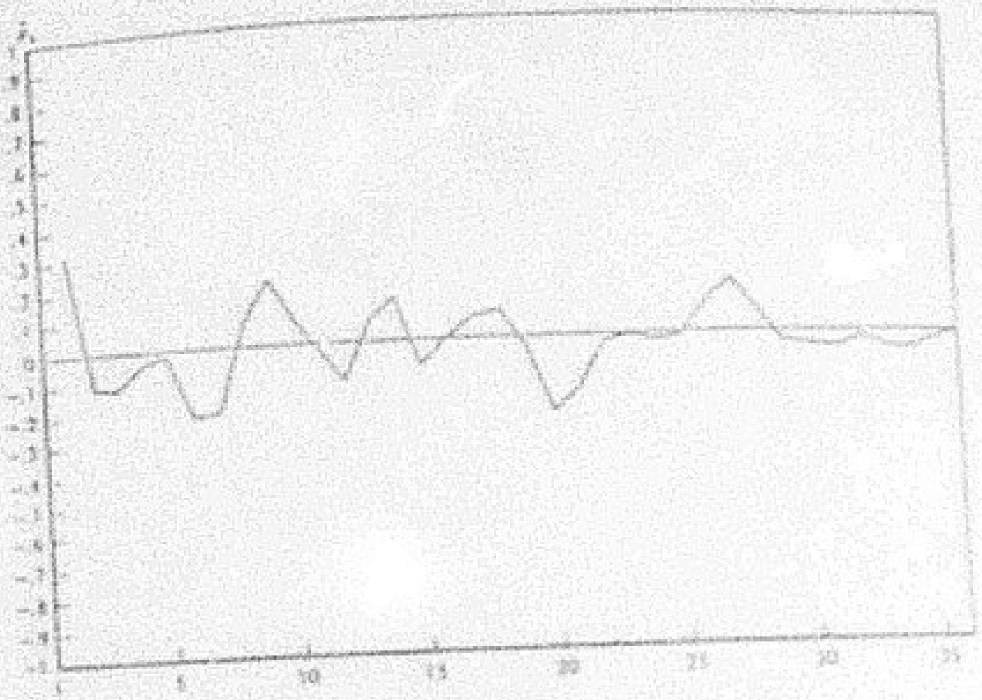


شكــــل (2)



دالة الارتباط الذاتي للسلسلة تتنازل باعتبار فترات ابطاء اكبر
التنازل بطيء، نوعا ما اضافة الى السلسلة الأصلية تسير حسب اتجاه تصا
هنالك احتمال كبير بأن تكون السلسلة غير مستقرة وبالتالي غير صالحة للت
شكلها الخام، للتأكد من هذه الامكانية قمنا برسم بياني لدالة الارتبـ
للسلسلة بعد اجراء عملية التفاضل مرة واحدة، (انظر شكل رقم 3).

شكل (3)



دالة الارتباط الذاتي للسلسلة المفاضلة تنازلية وطريقة تنازلها مع طرق تنازل السلاسل المستقرة، كما قمنا برسم بياني لدالة الارتباط للسلسلة بعد اجراء عملية التفاضل مرة ثانية، لكن لا تشير النتائج الى طريقة تنازل دالة الارتباط الذاتي لهذه السلسلة عن السلسلة الأولى (انظر شكل 4)، لهذا نعتقد أن اجراء عملية التفاضل مرة واحدة كاف للحصول على سلسلة يمكن استعمالها في التنبؤ بالقيم المستقبلية لسعر الفائدة.

شكل (4)

دالة الارتباط الذاتي للسلسلة المعدلة بعد اجراء التفاضل مرة تفيد بان هناك تقارب مع خاصيات المتوسطات المتحركة من الدرجة الثانية نظرا الى ان دالة الارتباط تتنازل ابتداء من فترة الابطاء الثانية.

اما عن خاصيات الانحدار الذاتي، فنلاحظ ان معاملات الارتباط للسلسلة المعدلة بالنسبة لفترة ابطاء اكبر من واحد لا تتجاوز 0.25 (القيمة المطلقة للمعاملات). هذا يعني انه يمكن ان ادراج بعض عناصر الانحدار الذاتي في نفس الوقت معاملات الارتباط الذاتي تبقى غير صغيرة حتى لو اعتبرنا ابطاء اكبر. هذا يعني ان ادراج عناصر انحدار ذاتي بدرجة كبيرة نسبية يكون ضروريا.

للاسباب المذكورة، تم اختيار بعض النماذج لتمثيل السلسلة تحت فيما يلي، نتائج تقدير هذه النماذج مع شرحها.

A (2, 1, 2) :

$$= 0.58\, y_{t-1} + 0.33\, y_{t-2} + \varepsilon_t - 0.21\, \varepsilon_{t-1} - 0.75\, \varepsilon_{t-2}$$

$$x^2(4,\ 36) = 119.2$$

$$= 0.226$$

كانت قيمة x^2 المحتسبة 119.2، بالنسبة لدرجات الحرية المعتبرة تجاوزت القيمة المحتسبة القيمة الجدولية بدرجة ثقة 90% اذ كانت هذه حوالي 42. هذا يعني ان البواقي المقدرة لهذا النموذج غير مستقلة وبالتالي يمثل كاحسن تمثيل للبيانات.

بعد فحص دالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة المعدلة، اتضح ان امكانية وجود عناصر المتوسطات المتحركة بدرجة اكبر. على هذا الاساس تم النموذج التالي:

(4, 1, 4) :

$$-0.41\, y_{t-1} - 0.08\, y_{t-2} + 0.36\, y_{t-3} + 0.12\, y_{t-4} + \varepsilon_t + 0.83\, \varepsilon_{t-1}$$

$$+ 0.17\, \varepsilon_{t-2} - 0.50\, \varepsilon_{t-3} - 0.53\, \varepsilon_{t-4}$$

$$0.214 \qquad x^2(8,\ 36) = 78.6$$

احصائية x^2 تفيد بان، بالرغم من انخفاض القيمة المحتسبة بالنموذج الاول، يجب استبعاد هذا النموذج نظرا الى ان هذه الاحصائية كانت اكبر القيمة الجدولية بدرجة ثقة 90% اي 83.

وفي الأخير استطعنا الحصول على نموذج يمكن استعماله في عملية التنبؤ.

2, 1, 2) :

$$.42\, y_{t-1} - 0.48\, y_{t-2} + 0.09\, y_{t-3} - 0.21\, y_{t-4} + 0.07\, y_{t-5}$$

$$.25\, y_{t-6} - 0.15\, y_{t-7} - 0.13\, y_{t-8} + 0.15\, y_{t-9} + 0.02\, y_{t-10}$$

$$.11\, y_{t-11} - 0.16\, y_{t-12} + 0.01 + \varepsilon_t - 0.85\, \varepsilon_{t-1} - 0.63\, \varepsilon_{t-2}\,;\quad x^2(14, 36) = 28.16$$

احصائية x^2 تفيد انه يمكن قبول هذا النموذج لتمثيل البيانات

القيمة المحتسبة كانت اقل من القيمة الجدولية بدرجة ثقة 90%.

FIN

24

VUES