



Université Abderrahmane Mira-Bejaia
Faculté des Sciences Économiques, Commerciales et des Sciences de Gestion
Département des sciences économiques
Laboratoire d'économie et développement

Polycopié pédagogique

Destiné aux étudiants de
Master 2 Economie Monétaire et Bancaire (EMB)

Module

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews 9

Présenté par
Dr MEHIDI Kahina



Année : 2020/2021

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I : ANALYSE DES SERIES TEMPORELLES

CHAPITRE II : LE PROCESSUS VAR

**CHAPITRE III : LES MODELES A CORRECTION
D'ERREUR**

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

TABLE DES MATIERES

Introduction

1- Informations sur le cours

Faculté : Sciences économiques, commerciales et des sciences de gestion

Département : Sciences économiques

Public cible : 2^{ème} année Master, spécialité Economie Monétaire et Bancaire (EMB)

Intitulé du cours : Econométrie de la finance

Crédit : 03

Coefficient : 03

Durée : 1 semestre

2- Présentation du cours

L'économétrie de la finance est un domaine relativement nouveau de l'économétrie, elle est généralement appelée l'économétrie de marchés dont les prix fluctuent très rapidement et où les contrats liant les participants à ces marchés peuvent être très complexes (options, produits dérivés). Les marchés de devises ou de matières premières relèvent aussi de cette catégorie. Ce cours intitulé «Econométrie de la finance» permet de se familiariser avec les séries temporelles et les modèles nécessaires pour une meilleure représentation des phénomènes financiers et une bonne estimation des modèles, afin d'avoir des prévisions viables permettant la prise de décision.

Le cours est scindé en unités d'apprentissage pour faciliter l'acquisition des connaissances et des compétences requises pour une bonne estimation et analyse qui répond aux exigences des dirigeants des entreprises en termes de pertinences et de délai.

3- Contenu

Le cours est scindé en trois unités d'apprentissages, chaque unité est traitée à travers des séquences pédagogiques permettant l'assimilation des concepts prévus.

Chapitre 1 : Analyse des séries temporelles

Cette unité a pour objet l'analyse des séries chronologiques à travers, la définition de leurs caractéristiques, la détermination de leurs composantes, leurs représentations sous différents modèles et le calcul de leurs prévisions.

Chapitre 2 : Les modèles autorégressifs

Dans ce chapitre, nous allons traiter les modèles autorégressifs (VAR) en se focalisant sur leurs représentations générales, estimation des paramètres, étude de la causalité et calcul des prévisions.

Chapitre 3 : Les modèles à correction d'erreur

La dernière unité sera consacrée aux modèles à correction d'erreur (ECM et VECM). Nous allons présenter leur forme générale, la notion de cointégration, l'estimation du modèle et les conditions de sa validation.

4- Prérequis

Pour pouvoir tirer le maximum de ce cours il faut :

- Avoir des connaissances en statistiques descriptives, notamment les paramètres de dispersion ;
- Maîtriser les modèles de régression linéaire ;
- Avoir des connaissances en lois de probabilité

5- Visées d'apprentissage

La compétence visée par ce cours, dans son ensemble, est « *d'être capable de représenter des problèmes financiers sous formes de modèles économétriques et d'étudier les relations de causalité entre plusieurs variables.*

C'est une performance qui va se construire progressivement en maîtrisant des savoirs, associés avec un savoir-être de professionnel.

Le cours Econométrie de la finance vise à :

- ❖ En termes de connaissances et de savoirs,
 - Analyser des séries temporelles et faire des prévisions
 - Exécuter le logiciel Eviews 9 pour des estimations et des simulations
 - Interpréter des sorties de logiciel
 - Tester des hypothèses statistiques
 - Connaître les applications de l'économétrie de la finance

6- Modalités d'évaluation des apprentissages

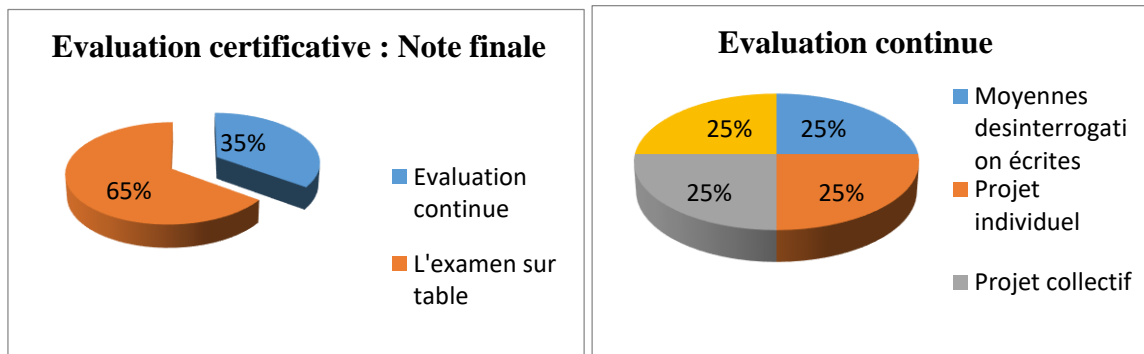
L'évaluation finale se fait à travers :

- a- **Un examen final sur table** et qui porte sur tout ce que les étudiants ayant vu dans ce cours pendant le semestre, lors de cet examen, qui compte pour 65% de la note finale (figure 1), ils auront
 - ❖ À résoudre des problèmes et situations similaires ou proches aux problèmes traités lors des TP et des interrogations.
 - ❖ À répondre à des questions de synthèse (via des QCM)
 - ❖ À faire des interprétations de sorties de logiciel.
- b- **Évaluation continue et régulières** à raison de 35% restant, elle leur permet d'engranger des points tout au long du semestre, cette évaluation continue est réalisée

par différentes formes, chaque forme présente un quart ($\frac{1}{4}$) de la note globale (note de l'évaluation continue), il s'agit :

- ❖ De la moyenne des notes des interrogations écrites,
- ❖ Des notes obtenues aux projets individuels
- ❖ Des notes obtenues aux projets collectifs
- ❖ De la présence aux TP

Figure 1 : Modalité d'évaluation



Source : Réalisé par l'auteur avec Excel

Voici comment se déroule l'évaluation continue:

- ❖ Des interrogations écrites de courte durée qui portent sur les concepts vus et des exercices, elles seront en nombre de **2 interrogations/semestre**.
- ❖ Le projet individuel et qui porte sur une étude économétrique d'un phénomène économique dans le secteur financier, et évalué sur la base de la qualité de production et selon les critères suivants :
 - Respect de l'échéance.
 - La clarté du travail en considérant les étapes suivies pour la représentation du phénomène économique, l'estimation du modèle, sa validation et l'interprétation des résultats et qui peut être pertinente en suivant les consignes données.
- ❖ Le projet collectif évalué sur la base de la qualité d'évaluation et selon les mêmes critères cités pour le projet individuel.
- ❖ Chaque présence au TP sera notée, et chaque absence sera sanctionnée par une note négative.

LA NOTE FINALE QUI ASSURERA LA RÉUSSITE DE CE COURS DOIT ÊTRE SUPÉRIEURE OU ÉGALE À 10

7- Activités d'enseignement-apprentissage

Afin que les étudiants puissent assimiler les concepts du module économétrie de la finance, faire des estimations des modèles économétriques, interpréter les résultats obtenus et faire des prévisions, le cours propose plusieurs méthodes ayant leurs spécificités et leurs avantages.

En présentiel :

- Les savoirs sont transmis à travers un cours magistral, il est attendu de la part des étudiants, une prise de note qui va leur servir à maîtriser les concepts indispensables à la réalisation des activités d'apprentissage proposées pendant la séance.
- Ils sont également invités à participer à des débats, initiés par des questions posées sur la séquence pédagogique en cours, sans aucune forme d'évaluation, dans le but de développer des échanges entre eux, ils sont invités à participer librement à ces débats en proposant des réponses aux questions posées afin de mobiliser leurs connaissances, de comparer leurs points de vue et d'en tirer des bénéfices pédagogiques de ces échanges.
- Dans les travaux pratiques qui sont programmées en parallèle avec les cours, ils sont obligés de résoudre les exercices et les problèmes proposés sous forme de série d'exercice pour chaque chapitre. Ça permettra de vérifier leur capacité à mobiliser les savoirs dans la résolution des exercices et l'application sur le logiciel.
- Des projets individuels leur seront proposés, ils leur permettront de développer leur autonomie et leur réflexion quant à l'élaboration des modèles et l'interprétation des résultats.
- Des projets collectifs sont également proposés permettant de travailler sur des modèles importants (des séries très longues et un nombre de variables important). Le projet collectif va les aider à développer leurs compétences quant au travail d'équipe qui leur permet d'échanger leurs idées afin d'assurer la qualité de leur production et de développer des aptitudes de collaboration qui seront utiles dans leur vie professionnelle.

A distance:

Les étudiants sont appelés à:

- Consulter les chapitres de cours qui va les aider à organiser leurs prises de notes en présentiel.
- Télécharger les séries des exercices et les séries de données pour les traités chez eux. Les solutions de certains exercices sont disponibles dans la plateforme, d'autres seront corrigés durant les séances de TP.

8- Alignement pédagogique

Les trois fondamentaux sur lesquels repose la compétence visée dans cours sont : savoir ; savoir-faire et savoir être. Pour les atteindre et évaluer le niveau de compréhension et le degré d'atteinte des objectifs, différentes méthodes d'enseignement et d'évaluation sont utilisées.

Pour le savoir de base (cadre théorique et conceptuel), il sera acquis par une méthode transmissive jugée la plus efficace pour stocker les connaissances et les concepts théoriques. Les étudiants seront testés sur la compréhension via les questions théorique de synthèse ou de réflexion.

Pour les savoir-faire, il s'agit de l'application des connaissances théoriques et conceptuelles pour pouvoir faire une estimation et interpréter ses résultats. Les étudiants seront en situation d'application à travers des exemples et exercices à résoudre avec le logiciel Eviews 9.

La compréhension et la maîtrise des concepts liés à l'application, seront évaluées via les interrogations permettant ainsi de passer à un stade plus avancé dans les apprentissages.

Le savoir-être va permettre de développer progressivement la sensibilité au respect des exigences des dirigeants des entreprises face à des évaluations économétriques.

L'évaluation porte sur les résultats obtenus, leur pertinence ainsi que le respect des échéances.

9- Modalités de fonctionnement

Le cours est organisé en :

- Séances théoriques dont l'objectif est la transmission des cadres théoriques et conceptuels.
- Séance de travaux pratiques (TP), présents en parallèle avec les séances théoriques dont l'objectif est d'avoir la capacité de mobiliser les savoirs dans la résolution des exercices proposés avec l'application sur le logiciel Eviews 9.

Le déroulement du cours est assuré en hybride, en présentiel (en classe) et à distance

A travers la plateforme d'enseignement à distance qui permet d'approfondir les concepts vus en présentiel et de surmonter les difficultés rencontrées (Télécharger les différents chapitres).

Cette plateforme permet également de rester en contact permanent avec l'enseignant (forum de discussion), de réaliser les activités individuelles et collectives ainsi que les quiz en ligne.

Chapitre I :
Analyse des séries
temporelles

Les séries temporelles constituent une branche de l'économétrie qui ont pour objet l'étude des variables dans le temps. Elles ont pour objectif principal, la détermination des tendances au sein de ces séries, la prévision ainsi que la stabilité des valeurs (et de leur variation) au cours de temps. On distingue les modèles linéaires univariés et les modèles multivariés.

1-1- Définition d'une série temporelle (chronologique)

Une série temporelle est une séquence de mesure de quelques quantités numériques durant des périodes successives de temps. En générale, on appelle série temporelle, une suite d'observations ordonnées dans le temps. La périodicité des observations est variable : mensuelle ($p = 12$), trimestrielle ($p = 4$), semestrielle ($p = 2$)....

Le nombre N est appelé la longueur de la série. La valeur de Y_t est variable aléatoire. L'ensemble des valeurs de Y_t quand t varie est appelé processus aléatoire ou processus stochastique. Une série temporelle est ainsi la réalisation d'un processus stochastique.

1-2- Les composantes d'une série temporelle

La décomposition d'une série chronologique a pour objectif de distinguer dans l'évolution de la série, une tendance « générale », des variations saisonnières, et des variations accidentelles imprévisibles. Cela permet de mieux comprendre, de décrire l'évolution de la série et de prévoir son évolution

1-2-1- La tendance (trend) T_t

La tendance représente l'évolution à long terme de la série étudiée. Elle traduit le comportement moyen de la série (tendance à la hausse ou à la baisse).

1-2-2- La saisonnalité S_t

Elle correspond au phénomène qui se répète à un intervalle de temps régulier (périodique)

1-2-3- La composante résiduelle (résidus, erreur) e_t

Ce sont des fluctuations accidentelles irrégulières dues par exemple aux : guerre, grèves....elle sont de nature aléatoire.

1-2-4- La composante cyclique C_t

Cette variation se trouve généralement dans les séries de longue durée et traduit des phases successives de croissance et de récession qui constitue le cycle économique.

1-3- Modèle de décomposition d'une série chronologique

Le modèle de décomposition de la série est appelé schéma de décomposition.

Il existe deux modèles

1-3-1- Modèle additif :

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

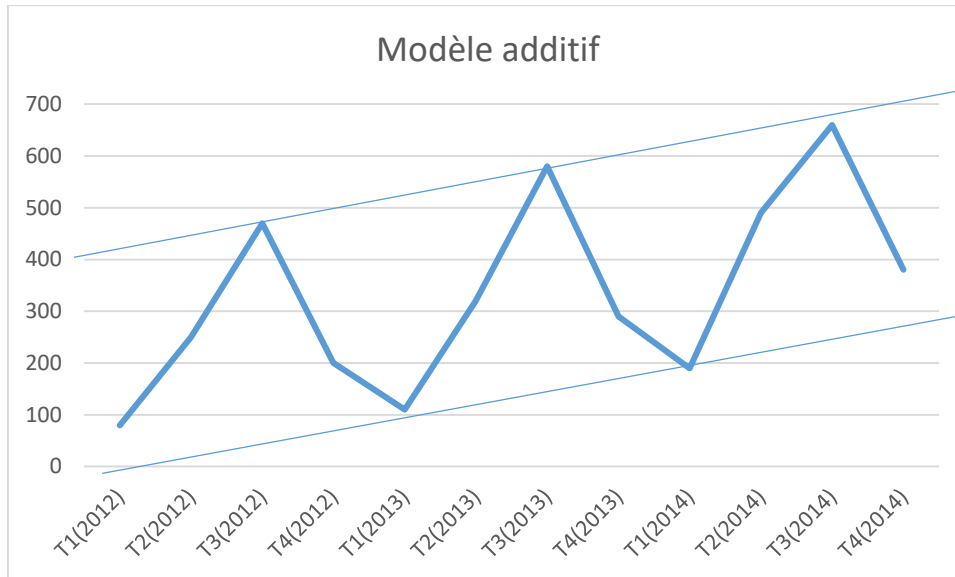
Ce modèle suppose que les 4 composantes sont indépendantes les unes des autres.

$$X_t = T_t + S_t + C_t + e_t$$

-Le modèle additif est engendré par deux lignes parallèles

-L'amplitude de variation dans le modèle additif est constante.

Figure N°2 : Schéma d'un modèle additif



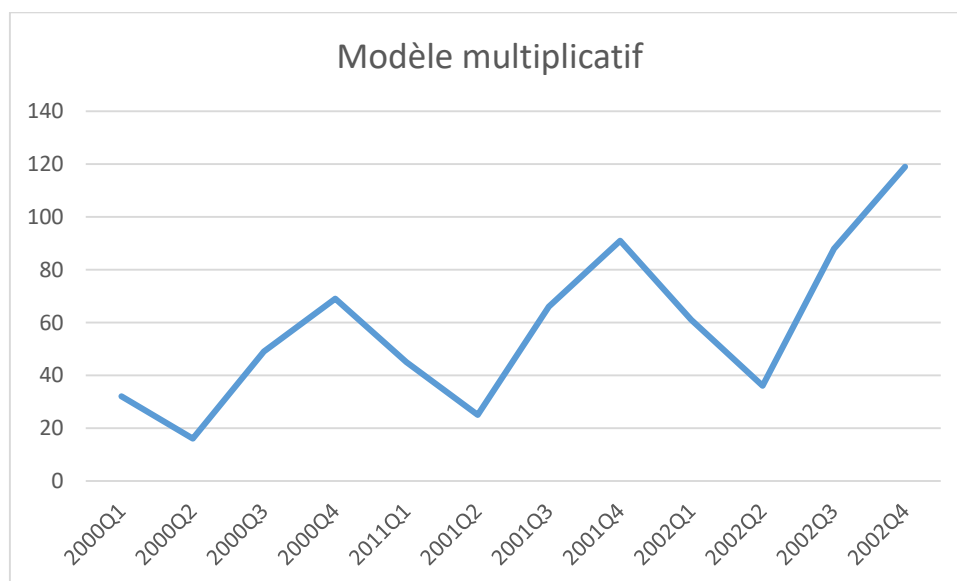
Source : réalisé par l'auteur sur Excel

1-3-2- Modèle multiplicatif :

Le modèle multiplicatif suppose la dépendance des quatre composantes. L'amplitude de variations dans ce modèle est croissante ou décroissante (variante) dans le temps.

$$X_t = T_t * S_t * C_t * e_t$$

Figure N°3 : Schéma d'un modèle additif



Source : réalisé par l'auteur sur Excel

Remarque :

Le modèle multiplicatif peut être transformé en modèle additif en utilisant le logarithme.

$$\ln X_t = \ln T_t + \ln S_t + \ln C_t + \ln e_t$$

Exemple :

Le tableau suivant représente les ventes trimestrielles d'une entreprise pendant 3 ans.

Tableau N°1 : Données de l'exemple

	T1	T2	T3	T4
2012	480	650	870	600
2013	530	720	980	690
2014	560	890	1060	780

Source : Réalisé par l'auteur

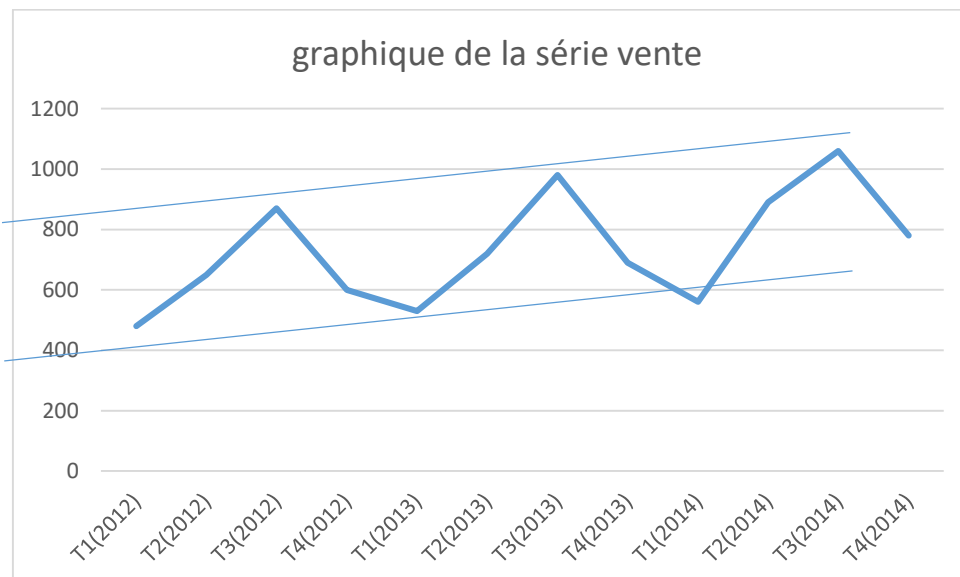
Q1 : Représenter graphiquement les données

Q2 : Décrire brièvement les phénomènes observés

Q3 : De quel type de modèle s'agit-il ?

Correction

Q1 : Représentation graphique

Figure N°4 : Représentation graphique de la série

Source : Réalisé par l'auteur sur Excel

Q2 ; Description

A- La tendance augmente à long terme (elle est haussière)

B- Les variations saisonnières des ventes augmentent chaque année dans le deuxième et le troisième trimestre et baissent au premier et au quatrième trimestre.

Q3 : Cette série est de modèle additif (l'amplitude de variation est constante et la série est encadrée par deux lignes parallèles).

1-4- Choix du modèle

Trois méthodes sont utilisées pour choisir le modèle de décomposition d'une série chronologique. Deux méthodes sont graphiques et une autre méthode est analytique.

1-4-1- Méthode de la bande

Cette méthode consiste à tracer la droite passant par les minima et celle passant par les maxima.

- Si ces 2 droites sont à peu près parallèles : le modèle est additif.
- Si ces 2 droites ne sont pas parallèles : le modèle est multiplicatif.

1-4-2- Méthode du profil

La méthode du profil utilise le graphique des courbes superposées.

- Si les différentes courbes sont à peu près parallèles : le modèle est additif.
- Sinon (les pics et les creux s'accroissent) : le modèle est multiplicatif.

1-4-3- Méthode du tableau de Buys Ballot

Le test de Buys Ballot se base sur le calcul des moyennes et des écarts types par année.

On dit qu'un modèle est additif si les moyennes et les écarts types sont indépendants, dans le cas contraire, le modèle est dit multiplicatif.

Pour cela, on estime par la méthode des MCO (moindre carrées ordinaires) les paramètres α et β dont le modèle s'écrit ainsi :

$$\sigma_i = \alpha + \beta \bar{x}_i + \varepsilon_i \quad i = \overline{1, n}$$

On effectue le test de Student

Si le coefficient β est significativement différent de zéro donc le modèle est multiplicatif.

Si le coefficient $\beta = 0$ donc le modèle est additif.

1-5- La stationnarité

Avant le traitement d'une série chronologique, il convient d'étudier ses caractéristiques stochastiques, c'est-à-dire : son espérance, sa moyenne et sa variance. Si les caractéristiques d'une série chronologique se trouvent modifiées (variantes) dans le temps, la série est dite non stationnaire.

De manière générale, une série est stationnaire (ou le processus stochastique Y_t est stationnaire si : la moyenne et l'espérance de la série sont constantes.

$$E(Y_t) = E(Y_{t+h}) = \mu \quad \forall t, \quad \forall h$$

$V(Y_t) < +\infty \quad \forall t$ la variance est finie et indépendante du temps.

Une série chronologique est dite stationnaire si elle ne possède ni de tendance ni de saisonnalité.

1-6- Test de détection de tendance et de saisonnalité

Le graphique d'une série chronologique ne permet pas toujours de détecter avec certitude l'existence d'une tendance et de saisonnalité, donc on utilise le test de Fisher qui, à partir de l'analyse de la variance permet de détecter une éventuelle tendance et saisonnalité dans une série chronologique.

On considère alors :

N : nombre d'année

P : nombre de période

X_{ij} : La valeur de la série pour la i ème année = $\overline{1, n}$ et la j ème période $j = \overline{1, p}$

Tableau N°2 : Calcul de la variance totale (VT)

	1	2	p	Moyenne par année
1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$		$X_{1,p}$	$X_{1.}$
2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$		$X_{2,p}$	$X_{2.}$
.			.		
.			.		
.			.		
.			.		
N	$X_{n,1}$	$X_{n,2}$	$X_{n,p}$	$X_{N.}$
Moyenne par période	$X_{.1}$	$X_{.2}$	$X_{.p}$	$X_{..}$

Source : Réalisé par l'auteur

La moyenne par année $X_{i.} = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p X_{ij}$

La moyenne par période $X_{.j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{ij}$

La moyenne générale $X_{..} = \frac{1}{N} \frac{1}{p} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^p X_{ij}$

Soit :

ST : somme totale des carrés, $ST = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^N (X_{ij} - X_{..})^2$

$ST = SA = SP + SR$

$$ST = P \sum_{i=1}^N (X_{i.} - X_{..})^2 + N \sum_{j=1}^P (X_{.j} - X_{..})^2 + \sum_{j=1}^P \sum_{i=1}^N (X_{ij} - X_{i.} - X_{.j} + X_{..})^2$$

1-6-1- L’analyse de la variance pour tester la stationnarité

Le test de stationnarité s’effectue à partir du tableau d’analyse de la variance

Tableau N° 3 : Tableau d’analyse de la variance

Somme des carrés	Degrés de liberté	désignation	variance
SP	P-1	Variance par période	$VP = \frac{SP}{P-1}$
SA	N-1	Variance par année	$VA = \frac{SA}{N-1}$
SR	(P-1) (N-1)	Variance résiduelle	$VR = \frac{SR}{(P-1)*(N-1)}$
ST	N*P - 1	Variance totale	$VT = \frac{ST}{N*P-1}$

Source : Réalisé par l’auteur

1-6-1-1- Test de la tendance

- { H0: La série n’a pas de tendance
- { H1: La série possède une tendance

La statistique du test de Fisher est $FC = \frac{VA}{VR} = \frac{SA/N-1}{SR/(N-1)*(P-1)}$

Si $FC > F_{(V1, V2)}^\alpha$ avec $\begin{cases} V1 = N - 1 \\ V2 = (P - 1) * (N - 1) \end{cases} \Rightarrow$ on accepte H1

Si $FC < F_{(V1, V2)}^\alpha$ avec $\begin{cases} V1 = N - 1 \\ V2 = (P - 1) * (N - 1) \end{cases} \Rightarrow$ on accepte H0

1-6-1-2- Test de saisonnalité

- { H0: La série n’est pas saisonnière
- { H1: La série est saisonnière

La statistique du test de Fisher est $FC = \frac{VP}{VR} = \frac{SP/P-1}{SR/(N-1)*(P-1)}$

Si $FC > F_{(V3, V2)}^\alpha$ avec $\begin{cases} V3 = P - 1 \\ V2 = (P - 1) * (N - 1) \end{cases} \Rightarrow$ on accepte H1

Si $FC < F_{(V3, V2)}^\alpha$ avec $\begin{cases} V3 = P - 1 \\ V2 = (P - 1) * (N - 1) \end{cases} \Rightarrow$ on accepte H0

Exemple :

Une entreprise a lancé sur le marché un nouveau produit dont l’évolution des ventes sont données dans le tableau suivant :

Tableau N°5 : Données de l’exemple

	S1	S2
2010	19	31
2011	23	41
2012	31	45

Source : Réalisé par l'auteur

Q1 : Détecter les composantes de cette série en utilisant le tableau d'analyse de la variance avec un risque de 5%.

$$ST = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^N (X_{ij} - X_{..})^2$$

$$ST = (19-31.66)^2 + (23-31.66)^2 + (31-31.66)^2 + (31-31.66)^2 + (41-31.66)^2 + (45-31.66)^2$$

ST = 501.3

$$SP = N \sum_{j=1}^p (X_{.j} - X_{..})^2$$

$$SP = 3 [(24.33-31.66)^2 + (39-31.66)^2] \rightarrow \mathbf{SP = 322.77}$$

$$SA = P \sum_{i=1}^N (X_{i.} - X_{..})^2$$

$$SA = 2 [(25-31.66)^2 + (32-31.66)^2 + (38-31.66)^2] \rightarrow \mathbf{SA = 169.3}$$

$$ST = SA + SP + SR \rightarrow SR = ST - SA - SP \rightarrow SR = 501.3 - 322.77 - 169.3 \rightarrow \mathbf{SR = 9.73}$$

Tableau N°6 : Application du tableau d'analyse de la variance

Somme des carrés	Degrés de liberté	désignation	variance
SP	P-1 = 2-1=1	Variance par période	$VP = \frac{SP}{P-1} = \frac{322.27}{1} = 322.27$
SA	N-1=3-1=2	Variance par année	$VA = \frac{SA}{N-1} = \frac{169.3}{2} = 84.65$
SR	(P-1) (N-1) = (2-1)(3-1)	Variance résiduelle	$VR = \frac{SR}{(P-1)*(N-1)} = \frac{9.73}{2} = 4.86$
ST	N*P - 1 = 3*2 - 1 = 5	Variance totale	$VT = \frac{501.3}{5} = 100.26$

Source : Réalisé par l'auteur

➤ **Test de Fisher pour détecter la tendance**

$$FC = \frac{VA}{VR} = \frac{84.65}{4.86} = 17.41, \quad F_{(2,2)}^{5\%} = 19$$

$FC < F_{(2,2)}^{5\%} \rightarrow$ on accepte $H_0 \rightarrow$ La série n'a pas de tendance

➤ **Test de Fisher pour détecter la saisonnalité**

$$FC = \frac{Vp}{VR} = \frac{322.27}{4.86} = 66.31 \quad F_{(1,2)}^{5\%} = 18.52$$

$FC > F_{(1,2)}^{5\%} \rightarrow$ on accepte H1 \rightarrow La série est saisonnière donc non stationnaire

1-7- Dessaisonnalisation des séries chronologiques

On appelle série désaisonnalisée ou série corrigée des variations saisonnières notée série CVS, la série chronologique Y_t à laquelle on a enlevé les variations saisonnières¹.

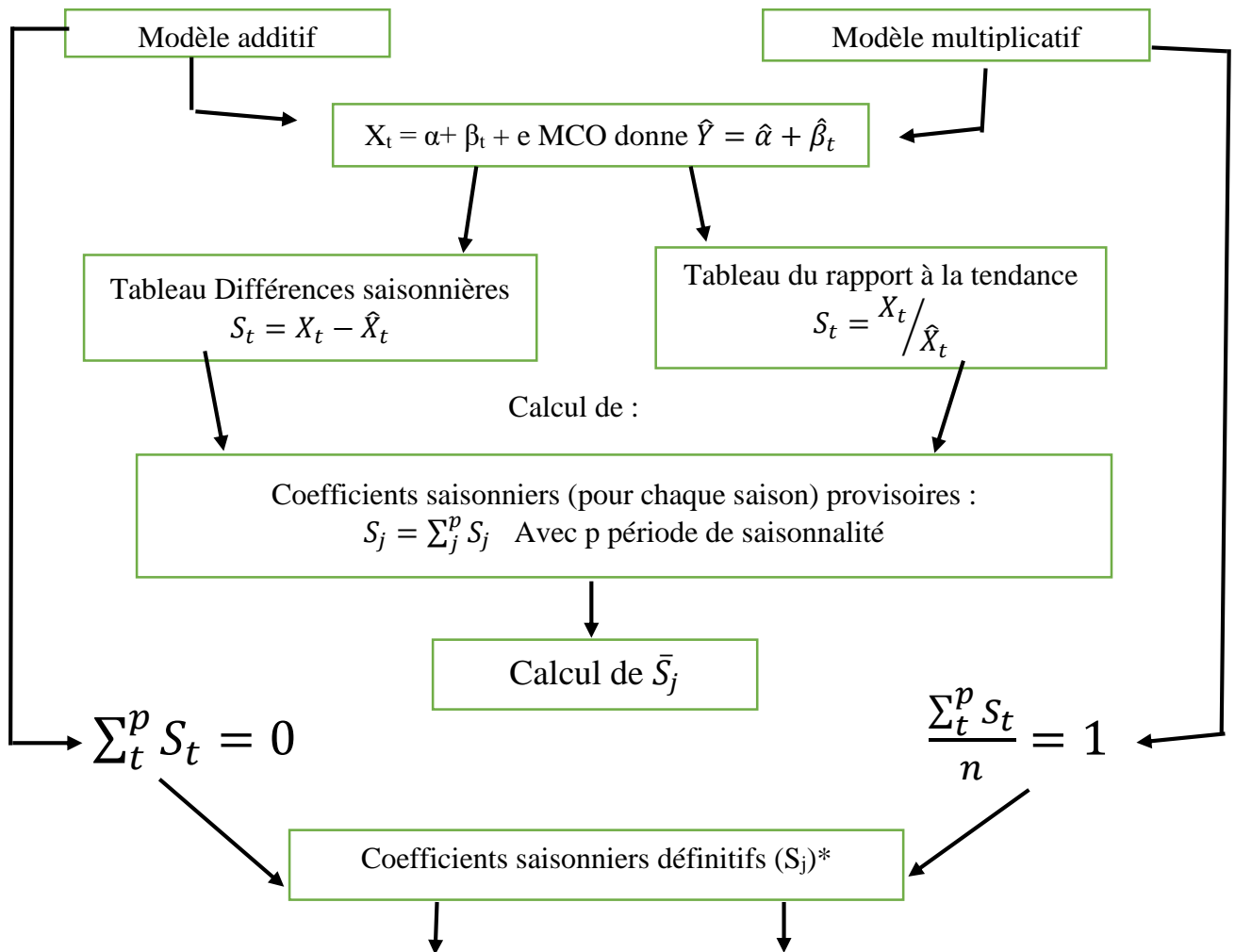
➤ **Dans le cas du modèle additif :**

La série désaisonnalisée est $D_t = Y_t - S_t$

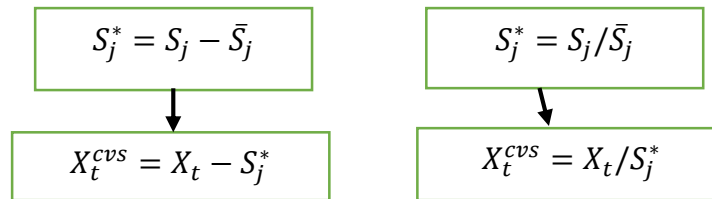
➤ **Dans le cas du modèle multiplicatif :**

La série désaisonnalisée est $D_t = Y_t / S_t$

Figure N°5 : Régression sur le temps



¹ Florence NICOLEAU, « séries chronologiques », Polycopié de cours, IUT de NICE CÔTE D’AZUR, Département STID, 2005/2006



Source : Florence NICOLEAU, « séries chronologiques », Polycopié de cours, IUT de NICE CÔTE D'AZUR, Département STID, 2005/2006

1-8- La prévision

La prévision a pour but d'estimer une observation futur à partir de la connaissance des valeurs passées. D'une façon générale, une prévision est une interprétation des futures réalisations d'une série d'observations effectuées à dates fixes et classées chronologiquement.

Dans le cas du modèle additif, la prévision est donnée par : $X_{t+h} = \hat{X}_{t+h} + C_{si}$

Dans le cas du modèle multiplicatif, la prévision est donnée par : $X_{t+h} = \hat{X}_{t+h} * C_{si}$

Où C_{si} représente le coefficient saisonnier

1-9- Fonction d'autocorrélation

C'est une fonction notée $\rho(r)$ qui mesure la corrélation de la série avec elle-même décalée de k périodes. On appelle coefficient d'autocorrélation d'ordre 1 (resp. d'ordre k), le coefficient de corrélation linéaire $\rho(1)$ (resp. $\rho(k)$) calculé entre la série et cette série décalée d'une période (resp. k périodes)².

$$\rho_k = \frac{cov(Y_t; Y_{t-k})}{\sigma_{Y_t} \sigma_{Y_{t-k}}}$$

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \sqrt{\sum_{t=k+1}^n (Y_{t-k} - \bar{Y})^2}}$$

La fonction d'autocorrélation sert à étudier la stationnarité d'une série chronologique grâce au corrélogramme qui est sa représentation graphique.

1-9-1- Test de Durbin-Watson

Le test de DW est un test paramétrique au sens où il repose sur une hypothèse concernant la distribution de probabilité des résidus. Il s'agit du test le plus connu permettant de détecter la présence d'autocorrélation.

Le test de DW est basé sur le calcul de la statistique suivante :

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$$

² Corinne PERRAUDIN, « SERIES CHRONOLOGIQUES », Université Paris I, Cours de Magistère d'Economie – Deuxième année, 2004-2005
ECONOMETRIE DE LA FINANCE
Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

Où e_t sont les résidus de l'estimation du modèle de régression. Il permet de tester l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation à l'ordre 1 des résidus contre l'hypothèse alternative d'autocorrélation à l'ordre 1 des résidus. Si l'on suppose que le terme d'erreur suit un processus autorégressif d'ordre 1 : $\varepsilon_t = \rho\varepsilon_{t-1} + \mu_t$

Le test de DW consiste à tester l'hypothèse nulle

$H_0 : \rho = 0$, contre l'hypothèse alternative

$H_1 : \rho \neq 0$

Sachant que le coefficient d'autocorrélation varie entre -1 et +1, la statistique de DW varie entre zéro et quatre (0, 4). Elle vaut zéro lorsqu'il existe une parfaite autocorrélation positive ($\hat{\rho} = 1$) et quatre lorsqu'il existe une parfaite autocorrélation négative ($\hat{\rho} = -1$).

Lorsque

-DW = 2 → absence d'autocorrélation des résidus ($\hat{\rho} = 0$).

- DW < 2 → L'autocorrélation des résidus est positive

- DW > 2 → L'autocorrélation des résidus est négative

1-10- Test de stationnarité : Dickey Fuller et Dickey Fuller augmenté (DF et ADF)

Les tests de DF et ADF permettent non seulement de détecter l'existence d'une tendance, (test de racine unitaire, unit root test) mais aussi de déterminer la bonne manière de stationnariser une série chronologique.

Pour se faire, deux types de processus sont distingués

- Le processus TS (trend stationnary) : Il représente une tendance de type déterministe
- Le processus DS (Differency stationnary) : Il représente une tendance de type aléatoire.

1-10-1- Caractéristiques d'un processus TS

De façon générale, un processus TS, Y_t peut s'écrire : $Y_t = f_t + \varepsilon_t$

f_t est une fonction polynomiale de temps (elle est linéaire sous forme d'une somme, ou non linéaire, sous forme de produit).

ε_t est un processus de bruit blanc (stationnaire).

La fonction f_t la plus utilisée est de degré 1, $Y_t = \alpha + \beta_t + \varepsilon_t$

Le processus TS est un processus que l'on peut rendre stationnaire par une régression sur la tendance (MCO). C'est-à-dire retrancher de la valeur Y_t , la valeur estimée \hat{Y}_t . ($Y_t - \hat{Y}_t$)

1-10-2- Caractéristiques d'un processus DS

Dans le cas d'un processus DS, le processus X_t est caractérisé par une non stationnarité de nature aléatoire.

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

Le processus DS est un processus que l'on peut rendre stationnaire par l'utilisation d'un filtre en différence.

$$(1 - D)^d Y_t = \beta + \varepsilon_t$$

β : Constante réelle

D : Opérateur de décalage

d : Ordre du filtre au décalage

Exemple :

$$d=1 \rightarrow (1-D) Y_t = \beta + \varepsilon_t \rightarrow Y_t = Y_{t-1} + \beta + \varepsilon_t$$

Pour stationnariser ce processus, il faut procéder au filtre $(Y_t - Y_{t-1}) = \beta + \varepsilon_t$, jusqu'à ce qu'il soit stationnaire, mais il ne faut pas dépasser deux filtres, sinon elle devient inutilisable, car elle beaucoup d'informations.

L'introduction de la constante β dans le processus DS permet de définir deux processus différents :

$$\triangleright \beta = 0 \rightarrow \text{Le processus est dit sans dérive. } Y_t = Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Ce modèle est fréquemment utilisé pour analyser l'efficacité des marchés financiers.

Pour le stationnariser, il suffit d'appliquer au processus le filtre au différence première.

$$(1 - D) Y_t = \varepsilon_t$$

$$1 - D = Y_t - Y_{t-1} = \Delta Y_t$$

$$\triangleright \beta \neq 0 \rightarrow \text{Le processus DS est dit avec dérive, on écrit : } Y_t = \beta + Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Pour le stationnariser : $(1 - D) Y_t = \beta + \varepsilon_t$

$$1 - D = Y_t - Y_{t-1} = \Delta Y_t = \beta + \varepsilon_t$$

ΔY_t est un processus stationnaire.

1-10-3-Test de racine unitaire (DF) 1979

C'est un test qui permet de détecter la non stationnarité d'une série temporelle et déterminer l'existence et la nature d'une tendance (déterministe ou stochastique) dans cette chronique. Il a pour objectif, donc, de vérifier l'hypothèse de non stationnarité contre l'hypothèse alternative de stationnarité.

On teste alors :

H0 : La série est non stationnaire $\Phi = 1$

H1 : La série est stationnaire $\Phi < 1$

Les modèles servant de base à la construction de ces tests sont au nombre de trois.

Le principe du test est que si l'hypothèse H_0 est retenue dans l'un des trois modèles, le processus est alors non stationnaire.

- 1- $Y_t = \varphi Y_{t-1} + \varepsilon_t \rightarrow$ Modèle sans constante (DS)
- 2- $Y_t = \varphi Y_{t-1} + \beta + \varepsilon_t \rightarrow$ Modèle avec constante (DS)
- 3- $Y_t = \varphi Y_{t-1} + \beta + C + \varepsilon_t \rightarrow$ Modèle avec tendance (TS)

1-10-4-Test de Dickey Fuller augmente (ADF)

Le test DF simple est un test de stationnarité qui ne concerne que les processus autorégressifs d'ordre un ou processus AR(1). Le test de Dickey-Fuller a donc été prolongé par le test de Dickey et Fuller augmenté (ou test ADF) afin de détecter la présence d'une racine unitaire pour les processus de type AR(p).

Les tests ADF sont basés sur l'estimation par les MCO des trois modèles précédents en introduisant des variables retardées :

- 1- $Y_t = \rho Y_{t-1} + \sum_{j=2}^p \varphi_j \Delta Y_{t-j+1} + \varepsilon_t$
- 2- $Y_t = \rho Y_{t-1} + \sum_{j=2}^p \varphi_j \Delta Y_{t-j+1} + \beta + \varepsilon_t$
- 3- $Y_t = \rho Y_{t-1} + \sum_{j=2}^p \varphi_j \Delta Y_{t-j+1} + \beta + C + \varepsilon_t$

Remarque :

Il convient de noter que l'application du test ADF nécessite au préalable de choisir le nombre de retard (p) introduit de sorte à ce que les résidus soient un bruit blanc (processus stationnaire). A cet effet, on utilise les critères d'informations Akaike et Schwarz et on retient la valeur de p qui minimise ces critères d'information.

Stratégie du Test ADF

Etape 1 :

Estimer le modèle général avec constante et tendance (modèle 3)

Commencer à tester la signification de la tendance (trend). (Tendance significative \rightarrow Le modèle est un TS \rightarrow la cause de non stationnarité c'est la tendance)

Si la tendance est significative \rightarrow mode retenu et tester l'hypothèse de racine unitaire.

Si la tendance, n'est pas significative \rightarrow passer à l'étape 2

Etape 2 : Cette étape ne doit être appliquée que si la trend dans le modèle précédant n'est pas significative.

Estimer le modèle 2 ; tester la signification de la constante (c)

Si la constante (c) est significative → tester l’hypothèse de racine unitaire

Si la constante n’est pas significative → passer à l’étape 3.

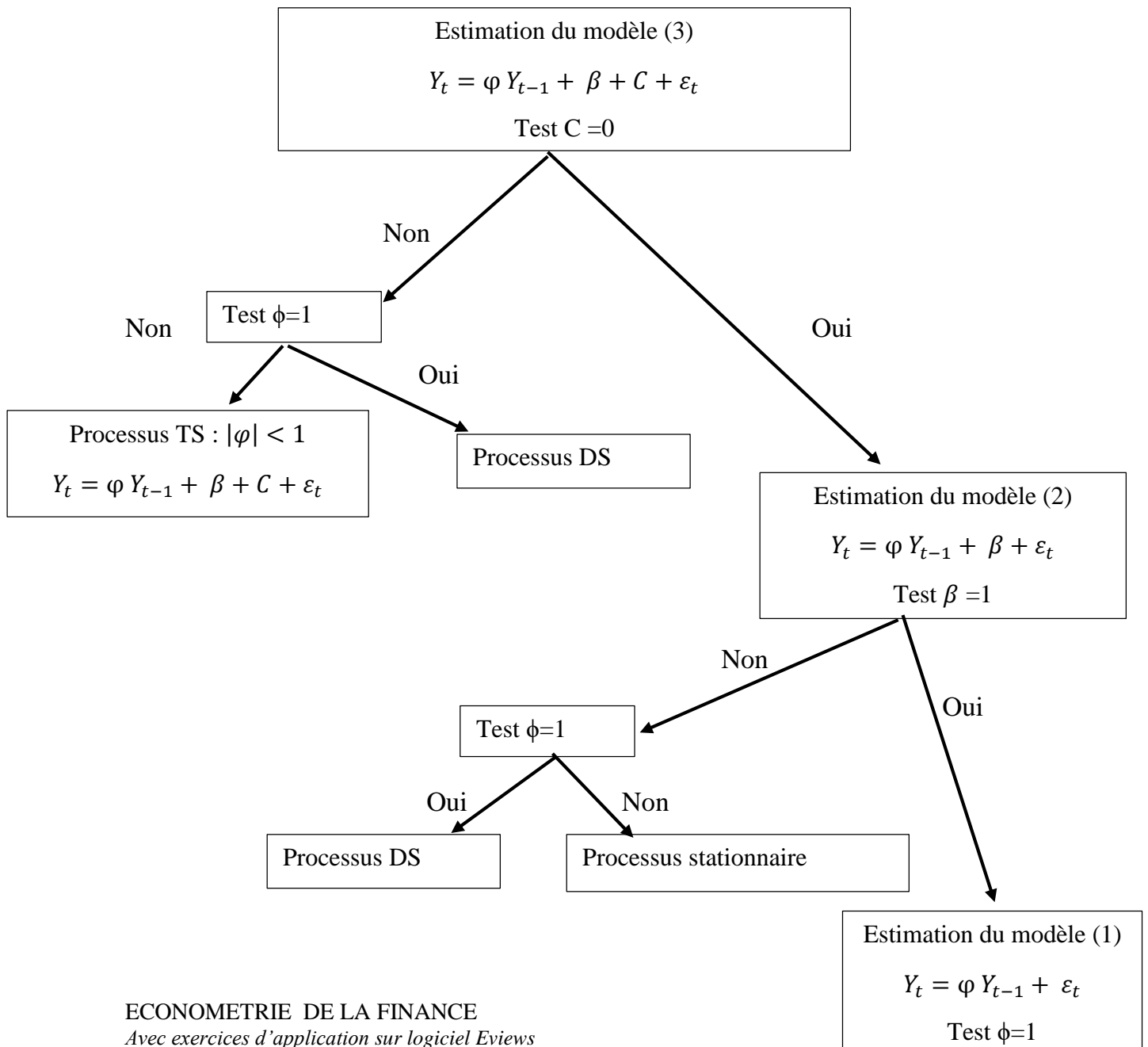
Etape 3 : Cette étape ne doit être appliquée que si la constante dans le modèle précédant n’est pas significative.

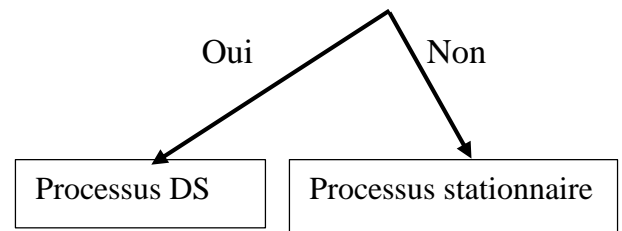
Estimer le modèle 1 et tester l’hypothèse nulle de racine unitaire

Si la série n’est pas stationnaire, il faut la différencier et recommencer la procédure du test sur la série différenciée.

Si la série est stationnaire, la procédure du test s’arrête et l’on peut directement travailler avec la série brute.

Figure N°6 : Schématisation de la stratégie du test ADF





Source : Bourbonnais R, Terraza M (2004), Analyse des séries temporelles, Application à l'économie et à la gestion, Ed. DUNOD, Paris,

Exercice 1

Tableau N°7 : Données de l'exercice 1

	T1	T2	T3	T4
2006	10	11	8	29
2007	6	8	9	27
2008	9	12	10	28

Source : Réalisé par l'auteur

Le tableau ci-dessus représente les données trimestrielles d'une série chronologique

Q1 : La série est-elle affectée par un mouvement saisonnier ?

Q2 : Quel est le modèle de décomposition de cette série ?

Q3 : Dessaisonnaliser la série

Q4 : Calculer la prévision pour l'année 2009

Solution de l'exercice 1 :

Tableau N°8 : Calcule des moyennes et des écart types

	T1	T2	T3	T4	\bar{X}	σ	Moyenne par année
2006	10	11	8	29	14.5	8.44	14.5
2007	6	8	9	27	12.5	8.44	12.5
2008	9	12	10	28	14.75	7.73	14.75
Moyenne par période	8.33	10.33	9	28	/	/	13.91

Source : Réalisé par l'auteur

➤ **Calcul de la somme des carrés**

$$ST = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^N (X_{ij} - \bar{X}_{.j})^2 = [(10 - 13.91)^2 + (11 - 13.91)^2 + (8 - 13.91)^2 + (29 - 13.91)^2 + (6 - 13.91)^2 + (8 - 13.91)^2 + (9 - 13.91)^2 + (27 - 13.91)^2 + (9 - 13.91)^2 + (12 - 13.91)^2 + (10 - 13.91)^2 + (28 - 13.91)^2]$$

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

$$ST = 820.91$$

$$SA = P \sum_{i=1}^N (X_i - X_{..})^2 = 4 * [(14.5 - 13.91)^2 + (12.5 - 13.91)^2 + (14.75 - 13.91)^2]$$

$$SA = 12.6$$

$$SP = N \sum_{j=1}^p (X_{.j} - X_{..})^2 = 3 * [(8.33 - 13.91)^2 + (10.33 - 13.91)^2 + (9 - 13.91)^2 + (28 - 13.91)^2]$$

$$SP = 799.76$$

$$SR = ST - SA - SP = 820.91 - 12.6 - 799.76$$

$$SR = 8.99$$

➤ **Calcul des variances**

$$VP = \frac{SP}{P-1} = \frac{799.76}{3} = 266.58$$

$$VA = \frac{SA}{N-1} = \frac{12.16}{2} = 6.08$$

$$VR = \frac{SR}{(P-1)*(N-1)} = \frac{8.99}{6} = 1.5$$

$$VT = \frac{820.91}{11} = 74.62$$

Q1 : Test de saisonnalité

$$\begin{cases} H0: \text{La série n'est pas saisonnière} \\ H1: \text{La série est saisonnière} \end{cases}$$

$$FC = \frac{VP}{VR} = \frac{SP/P-1}{SR/(N-1)*(P-1)} = \frac{266.58}{1.5} = 177.72, \quad F_{(3,6)}^{5\%} = 4.76$$

$FC > F_{(3,6)}^{5\%} \rightarrow$ on accepte $H1 \rightarrow$ **La série est affectée par un mouvement saisonnier.**

Q2 : Pour tester le type de modèle, on applique le test de Bays Ballot

On estime le modèle suivant : $\sigma_i = \alpha + \beta \bar{x}_i + \varepsilon_i$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Calcul de σ_1

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{1}{4} [(10 - 14.5)^2 + (11 - 14.5)^2 + (8 - 14.5)^2 + (29 - 14.5)^2]}$$

$$\sigma_1 = 8.44$$

$$\bar{\sigma} \text{ est la moyenne des écarts types } \bar{\sigma} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{n}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{8.44 + 8.44 + 7.73}{3} = 8.20$$

\bar{t} est la moyenne des moyennes c'est \bar{X}

$$\bar{t} = \bar{X} = \frac{14.5 + 12.5 + 14.75}{3} = 13.91$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum X_i Y_i - N \bar{X} \bar{Y}}{\sum X_i^2 - N \bar{X}^2}$$

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

Dans ce cas les X_i sont les écarts types, les Y_i sont les moyennes et \bar{X} c'est la moyenne des moyennes \bar{t}

$$\hat{\beta} = \frac{\sum \sigma_i \bar{x}_i - N \bar{\sigma} \bar{t}}{\sum \bar{X}^2 - N \bar{t}^2}$$

Tableau N°9 : Calcul des coefficients de régression

σ_i	\bar{X}_i	$\sigma_i \bar{X}$	\bar{X}_i^2	$\hat{\sigma}_i$	e_i	e_i^2
8.44	14.5	122.38	210.25	8.125	0.315	0.102
8.44	12.5	105.5	156.25	8.505	-0.065	0.005
7.73	14.75	114.02	217.56	8.078	-0.35	0.122
somme		341.90	584.06			0.23

Source : Réalisé par l'auteur

$$\hat{\beta} = \frac{341.90 - 3 * 8.20 * 13.91}{584.06 - 3 * (13.91)^2} = -0.19$$

$$\hat{\alpha} = 8.20 - [(-0.19) * 13.91] = 10.88$$

$$\hat{\sigma}_i = 10.88 - 0.19 \bar{x}_i$$

$$TC = \left| \frac{\hat{\beta}}{\hat{\sigma}_{\hat{\beta}}} \right| ,$$

$$\hat{\sigma}_{\hat{\beta}}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{\epsilon}^2}{\sum \bar{X}^2 - N(t)^2} = \frac{\sum e_t^2 / n - 2}{\sum \bar{X}^2 - N(t)^2} = \frac{0.23 / 1}{584.06 - 3 * (13.91)^2}$$

$$\hat{\sigma}_{\hat{\beta}}^2 = 0.063 \rightarrow \hat{\sigma}_{\hat{\beta}} = 0.25$$

$$TC = \left| \frac{-0.19}{0.25} \right| = 0.95$$

$$\begin{cases} H_0: \beta = 0 \rightarrow \text{modèle additif} \\ H_1: \beta \neq 0 \rightarrow \text{modèle multiplicatif} \end{cases}$$

$$T_{n-2}^{\alpha/2} = T_1^{0.025} = 12.71$$

$T_c < T_t \rightarrow$ on accepte H_0 donc **le modèle de décomposition de la série est additif**

Q3 : Dessaisonnalisation de la série

Tableau N°10 : Calcul de la série dessaisonnalisée

	X_i	t_i	$X_i t_i$	t_i^2	$\hat{x} = \hat{\alpha} + \hat{\beta} t_i$	$S_i = X_i - \hat{x}$	\bar{S}	$S^* = S_i - \bar{S}$	$X_{cvs} = X_i - S^*$
2006	10	1	10	1	10.45	-0.45	3.105	-3.55	13.55
	11	2	22	4	11.08	-0.08		-3.185	14.185
	8	3	24	9	11.71	-3.71		-6.815	14.815
	29	4	116	16	12.34	16.66		13.55	15.45
2007	6	5	30	25	12.97	-6.97	-1.41	-5.56	11.56
	8	6	48	36	13.6	-5.6		-4.19	12.19

	9	7	63	49	14.23	-5.23		-3.82	12.82
	27	8	216	64	14.86	12.14		13.55	13.45
2008	9	9	91	81	15.49	-6.49	-1.68	-4.81	13.81
	12	10	120	100	16.12	-4.12		-2.44	14.44
	10	11	110	121	16.75	-6.75		-5.07	15.07
	28	12	336	144	17.38	10.62		12.3	15.7

Source : Réalisé par l'auteur

Pour dessaisonnaliser cette série, on estime le modèle suivant : $x_i = \alpha + \beta t_i + \varepsilon_i$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum X_i t_i - N \bar{X} \bar{t}}{\sum t_i^2 - N \bar{t}^2} = \frac{1176 - 12(13.91)(6.5)}{650 - 12(6.5)^2} \rightarrow \hat{\beta} = \mathbf{0.63}$$

$$\hat{\alpha} = 13.91 - (0.63)(6.5) \rightarrow \hat{\alpha} = \mathbf{9.82}$$

$$\hat{x}_i = \mathbf{9.82 + 0.63 t_i}$$

X_{cvs} est la série corrigée des variations saisonnières.

Q3 : Prévision

Pour faire une prévision en tenant compte de l'effet saisonnier, nous devons calculer les coefficients saisonniers.

Le premier coefficient est égale à la moyenne des premiers trimestres S* de chaque année.

Le coefficient saisonnier est donné par : $C_{si} = \sum_{i=1}^N \frac{S_i}{N}$

$$C_{s1} = \frac{-3.55 - 5.56 - 4.81}{3} = -4.64$$

$$C_{s2} = \frac{-3.185 - 4.19 - 2.44}{3} = -3.27$$

$$C_{s3} = \frac{-6.815 - 3.82 - 5.07}{3} = -5.23$$

$$C_{s4} = \frac{13.55 + 13.55 + 12.3}{3} = 13.36$$

La prévision est donnée par : $X_{t+h} = \hat{X}_{t+h} + C_{si}$

Calculons la prévision pour treizième période : X_{13}

$$X_{13} = \hat{X}_{13} + C_{s1}, \quad \hat{X}_{13} = 9.82 + 0.63 * t_{13}, \quad \hat{X}_{13} = 9.82 + 0.63 * 13$$

$$\hat{X}_{13} = 18.01$$

$$X_{13} = 18.01 - 4.64 \rightarrow \mathbf{X_{13} = 13.37}$$

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

$$X_{14} = \hat{X}_{14} + C_{s2} , \quad \hat{X}_{14} = 9.82 + 0.63 * t_{14} , \quad \hat{X}_{13} = 9.82 + 0.63 * 14$$

$$\hat{X}_{13} = 18.64$$

$$X_{14} = 18.64 - 3.27 \rightarrow \mathbf{X_{14} = 15.37}$$

$$X_{15} = \hat{X}_{15} + C_{s3} , \quad \hat{X}_{15} = 9.82 + 0.63 * t_{15} , \quad \hat{X}_{15} = 9.82 + 0.63 * 15$$

$$\hat{X}_{15} = 19.27$$

$$X_{15} = 19.27 \rightarrow \mathbf{X_{15} = 14.04}$$

$$X_{16} = \hat{X}_{16} + C_{s4} , \quad \hat{X}_{16} = 9.82 + 0.63 * t_{16} , \quad \hat{X}_{16} = 9.82 + 0.63 * 16$$

$$\hat{X}_{16} = 19.9$$

$$X_{16} = 19.9 + 13.36 \rightarrow \mathbf{X_{16} = 33.26}$$

Exercice 2

Le tableau suivant représente les données trimestrielles d'une série chronologique

Tableau N°11 : Données de l'exercice 2

	T1	T2	T3	T4
2013	52	36	69	89
2014	65	45	86	111
2015	81	56	108	139
2016	102	70	135	174

Source : Réalisé par l'auteur

Q1 : La série est-elle affectée par un mouvement saisonnier ?

Q2 : Quel est le modèle de décomposition de cette série ?

Q3 : Dessaisonnaliser la série

Q4 : Calculer la prévision pour l'année suivante

Solution de l'exercice 2

Tableau N°12 : Calcul des moyennes et des écarts types

	T1	T2	T3	T4	\bar{X}	σ	Moyenne par année
2013	52	36	69	89	61.5	19.70	61.5
2014	65	45	86	111	76.75	24.51	76.75
2015	81	56	108	139	96	30.89	96
2016	102	70	135	174	120.25	38.61	120.25

Moyenne par période	75	51.75	99.5	128.25			88.625
----------------------------	----	-------	------	--------	--	--	--------

Source : Réalisé par l'auteur

➤ **Calcul de la somme des carrés**

$$ST = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^N (X_{ij} - X_{..})^2 = [(52-88.625)^2 + (36-88.625)^2 + (69-88.625)^2 + (89-88.625)^2 + (65-88.625)^2 + (45-88.625)^2 + (86-88.625)^2 + (111-88.625)^2 + (81-88.625)^2 + (56-88.625)^2 + (108-88.625)^2 + (139-88.625)^2 + (102-88.625)^2 + (70-88.625)^2 + (135-88.625)^2 + (174-88.625)^2]$$

ST = 21465.75

$$SA = P \sum_{i=1}^N (X_{i.} - X_{..})^2 = 4 [(61.5 - 88.625)^2 + (76.75 - 88.625)^2 + (96 - 88.625)^2 + (120.25 - 88.625)^2]$$

SA = 7725.25

$$SP = N \sum_{j=1}^p (X_{.j} - X_{..})^2 = 4 [(75 - 88.625)^2 + (51.75 - 88.625)^2 + (99.5 - 88.625)^2 + (128.25 - 88.625)^2]$$

SP = 12935.25

SR = ST - SA - SP

SR = 21465.75 - 7725.25 - 12935.25

SR = 805.25

➤ **Calcul des variances**

$$VP = \frac{SP}{P-1} = \frac{12935.25}{3} = 4311.75$$

$$VA = \frac{SA}{N-1} = \frac{7725.25}{3} = 2575.08$$

$$VR = \frac{SR}{(P-1)*(N-1)} = \frac{805.25}{9} = 89.47$$

$$VT = \frac{21465.75}{15} = 1431.05$$

Q1 : Test de saisonnalité

$$\begin{cases} H0: \text{La série n'est pas saisonnière} \\ H1: \text{La série est saisonnière} \end{cases}$$

$$FC = \frac{VP}{VR} = \frac{SP/P-1}{SR/(N-1)*(P-1)} = \frac{4311.75}{89.47} = 48.19, \quad F_{(3,9)}^{5\%} = 3.86$$

FC > F_(3,9)^{5%} → on accepte H1 → La série est affectée par un mouvement saisonnier

Q2 : Pour tester le type de modèle, on applique le test de Bays Ballot

On estime le modèle suivant : $\sigma_i = \alpha + \beta \bar{x}_i + \varepsilon_i$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Calcul de σ_1

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{1}{4} [(52 - 61.5)^2 + (36 - 61.5)^2 + (69 - 61.5)^2 + (89 - 61.5)^2]}$$

$$\sigma_1 = 19.70$$

$\bar{\sigma}$ est la moyenne des écarts types

$$\bar{\sigma} = \frac{19.70+24.51+30.89+38.61}{4} = 28.43$$

\bar{t} est la moyenne des moyennes c'est \bar{X}

$$\bar{t} = \bar{X} = \frac{61.5+76.75+96+120.25}{4} = 88.625$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum X_i Y_i - N \bar{X} \bar{Y}}{\sum X_i^2 - N \bar{X}^2}$$

Dans ce cas les X_i sont les écarts types, les Y_i sont les moyennes et \bar{X} c'est la moyenne des moyennes \bar{t}

$$\hat{\beta} = \frac{\sum \sigma_i \bar{x}_i - N \bar{\sigma} \bar{t}}{\sum \bar{X}^2 - N \bar{t}^2}$$

Tableau N°13 : Calcul des coefficients de régression

	σ_i	\bar{X}_i	$\sigma_i \bar{X}_i$	\bar{X}_i^2	$\hat{\sigma}_i$	e_i	e_i^2
2013	19.70	61.5	2061,48	3782,25	19.5	0.2	0.04
2014	24.51	76.75	1881.14	5890,56	24.83	0.13	0.01
2015	30.89	96	2965.44	9216	30.54	0.35	0.12
2016	38.61	120.25	4642.85	14460,06	38.4	0.31	0.09
Somme	113.71	354.5	10700.98	33348,87		0.99	0.27

Source : Réalisé par l'auteur

$$\hat{\beta} = \frac{10700.98 - 4 * 28.43 * 88.625}{33348.87 - 4 * (88.625)^2} = \mathbf{0.32}$$

$$\hat{\alpha} = 28.43 - [(0.32 * 88.625)] = \mathbf{-0.18}$$

Donc

$$\hat{\sigma}_i = \mathbf{-0.18 + 0.32\bar{X}}$$

$$TC = \left| \frac{\hat{\beta}}{\hat{\sigma}_{\hat{\beta}}} \right| ,$$

$$\hat{\sigma}_{\hat{\beta}}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2}{\sum \bar{X}^2 - N(\bar{t})^2} = \frac{\sum e_i^2 / n - 2}{\sum \bar{X}^2 - N(\bar{t})^2} = \frac{0.27 / 2}{33348.87 - 4 * (88.625)^2}$$

$$\hat{\sigma}_{\hat{\beta}}^2 = 0,000069 \rightarrow \hat{\sigma}_{\hat{\beta}} = 0.0083$$

$$TC = \left| \frac{0.32}{0.0083} \right| = 38.55$$

$$\begin{cases} H0: \beta = 0 \rightarrow \text{modèle additif} \\ H1: \beta \neq 0 \rightarrow \text{modèle multiplicatif} \end{cases}$$

$$T_{n-2}^{\alpha/2} = T_2^{0.025} = 4.303$$

$T_c > T_t \rightarrow$ on accepte H1 donc le modèle de décomposition de la série est multiplicatif

Q3 : Dessaisonnalisation de la série

Tableau N°14 : Calcul de la série dessaisonnalisée

	X_i	t_i	$X_i t_i$	t_i^2	$\hat{x} = \hat{\alpha} + \hat{\beta} t_i$	$S_i = X_i / \hat{x}$		$S^* = S_i / \bar{S}$	$X_{cvs} = X_i / S^*$
2013	52	1	52	1	43.2	1.2037	1.09	1.10	47.27
	36	2	72	4	50.08	0.7188		0.65	55.38
	69	3	207	9	56.96	1.2113		1.11	62.16
	89	4	356	16	63.84	1.3941		1.27	70.07
2014	65	5	325	25	70.72	0.9191	0.90	1.02	63.72
	45	6	270	36	77.6	0.5798		0.64	70.31
	86	7	602	49	84.48	1.0179		1.13	76.10
	111	8	888	64	91.36	1.2149		1.11	100
2015	81	9	729	81	98.24	0.8245	0.93	0.88	92.04
	86	10	860	100	105.12	0.8181		0.87	98.85
	108	11	1188	121	112	0.9642		1.03	104.85
	139	12	1668	144	118.88	1.1692		1.25	111.2
2016	102	13	1326	169	125.76	0.8110	1.005	0.80	127.5
	70	14	980	196	63.84	1.0964		1.09	64.22
	135	15	2025	225	139.52	0.9676		0.96	140.62
	174	16	2784	256	146.4	1.1885		1.18	147.45

Source : Réalisé par l'auteur

Pour dessaisonnaliser cette série, on estime le modèle suivant : $x_i = \alpha + \beta t_i + \varepsilon_i$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum X_i t_i - N \bar{X} \bar{t}}{\sum t_i^2 - N \bar{t}^2} = \frac{13632 - 16(90.5)(7.87)}{1316 - 16(7.87)^2} \rightarrow \hat{\beta} = 6.88$$

$$\hat{\alpha} = 90.5 - (6.88)(7.87) \rightarrow \hat{\alpha} = 36.32$$

$$\hat{x}_i = 36.32 + 6.88 t_i$$

X_{cvs} est la série corrigée des variations saisonnières.

Q3 : Prévision

Pour faire une prévision en tenant compte de l'effet saisonnier, nous devons calculer les coefficients saisonniers.

Ainsi, le premier coefficient saisonnier est égale à la racine carré du produit des premiers trimestres S^* de chaque année.

$$C_{s1} = \sqrt{(1.10) * (1.02) * (0.88) * (0.80)}$$

$$C_{s1} = 0.75$$

$$C_{s2} = \sqrt{(0.65) * (0.64) * (0.87) * (1.09)} = 0.48$$

$$C_{s3} = \sqrt{(1.11) * (1.11) * (1.03) * (0.96)} = 1.15$$

$$C_{s4} = \sqrt{(1.27) * (1.11) * (1.25) * (1.18)} = 1.84$$

La prévision est donnée par : $X_{t+h} = \hat{X}_{t+h} * C_{si}$

Calcul de la prévision pour la dix-septième période : X_{17}

$$X_{17} = \hat{X}_{17} * C_{s1} , \quad \hat{X}_{17} = 36.32 + 6.88 * t_{17} ,$$

$$\hat{X}_{17} = 36.32 + 6.88 * 17$$

$$\hat{X}_{17} = 153.28$$

$$X_{17} = 153.28 * 0.75 \rightarrow X_{17} = \mathbf{114.96}$$

Calcul de la prévision pour la dix-huitième période : X_{18}

$$X_{18} = \hat{X}_{18} * C_{s2} , \quad \hat{X}_{18} = 36.32 + 6.88 * t_{18} ,$$

$$\hat{X}_{18} = 36.32 + 6.88 * 18$$

$$\hat{X}_{18} = 160.16$$

$$X_{18} = 160.16 * 0.48 \rightarrow X_{18} = \mathbf{76.87}$$

Calcul de la prévision pour la dix-neuvième période : X_{19}

$$X_{19} = \hat{X}_{19} * C_{s3} , \quad \hat{X}_{19} = 36.32 + 6.88 * t_{19} ,$$

$$\hat{X}_{19} = 36.32 + 6.88 * 19$$

$$\hat{X}_{19} = 167.04$$

$$X_{19} = 167.04 * 1.15 \rightarrow X_{19} = \mathbf{192.096}$$

Calcul de la prévision pour la vingtième période : X_{20}

$$X_{20} = \hat{X}_{20} * C_{s4} , \quad \hat{X}_{20} = 36.32 + 6.88 * t_{20} ,$$

$$\hat{X}_{20} = 36.32 + 6.88 * 20$$

$$\hat{X}_{20} = 173.92$$

$$X_{20} = 173.92 * 1.84 \rightarrow X_{20} = \mathbf{320.01}$$

1-11- Application sur Eviews

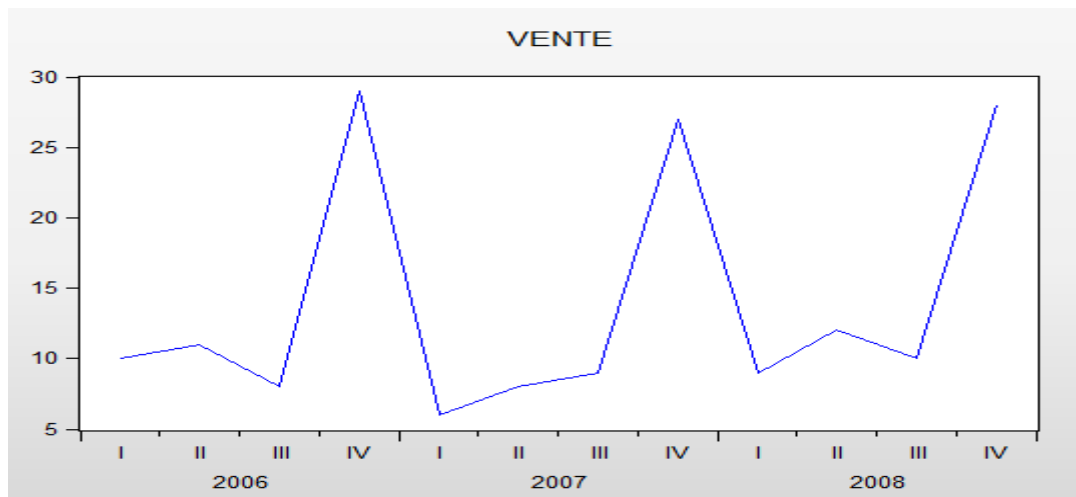
Exercice 1

a- Graphe de la série

Figure N°7 : Graphe de la série vente

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Le graphe montre un mouvement saisonnier ou les ventes augmentent dans le deuxième et le quatrième trimestre et baissent dans le deuxième et le troisième trimestre.

b- Test de saisonnalité

Estimer l'équation suivante :

vente @seas(1) @seas(2) @seas(3) @seas(4)

Le nombre de coefficients @seas (...) est fonction de la périodicité de la série. Ainsi, pour une série semestrielle, nous aurons deux coefficients, pour une série trimestrielle, nous aurons quatre coefficients...

Tableau N°15 : Résultats du test de saisonnalité

Dependent Variable: VENTE				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 2006Q1 2008Q4				
Included observations: 12 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
@SEAS(1)	8.333333	0.942809	8.838835	0.0000
@SEAS(2)	10.33333	0.942809	10.96016	0.0000
@SEAS(3)	9.000000	0.942809	9.545942	0.0000
@SEAS(4)	28.00000	0.942809	29.69848	0.0000
R-squared	0.974013	Mean dependent var	13.91667	
Adjusted R-squared	0.964268	S.D. dependent var	8.638796	
S.E. of regression	1.632993	Akaike info criterion	4.079908	
Sum squared resid	21.33333	Schwarz criterion	4.241543	
Log likelihood	-20.47945	Hannan-Quinn criter.	4.020065	
Durbin-Watson stat	1.432292			

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Interprétation

Pour valider la présence d'une saisonnalité, il faut que tous les coefficients soient significatifs

C'est-à-dire : la Student calculée soit supérieur à la valeur tabulée, ou bien la probabilité soit inférieur au risque (5%).

Tous les coefficients ont une probabilité égale à zéro ($p = 0$) < au risque 0.05 (5%)

Donc la série est saisonnière.

Remarque :

Il suffit qu'il y est un seul coefficient non significatif pour rejeter l'hypothèse de présence de saisonnalité.

c- Modèle de décomposition de la série (Test de Bays Ballot)

Ce test est basé sur le calcul des moyennes et des écarts types par années.

- a- calcul des moyennes et des écarts types par années
- b- Estimer le modèle suivant $\sigma_i = \alpha + \beta \bar{x}_i + \varepsilon_i$ par les MCO

Tableau N°16 : Résultats du test de Bays Ballot

Dependent Variable: Y Method: Least Squares Date: 01/26/21 Time: 18:59 Sample: 2006 2008 Included observations: 3				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	10.91041	3.760842	2.901055	0.2113
X	-0.194521	0.269536	-0.721688	0.6020
R-squared	0.342466	Mean dependent var		8.203333
Adjusted R-squared	-0.315068	S.D. dependent var		0.409919
S.E. of regression	0.470080	Akaike info criterion		1.562894
Sum squared resid	0.220975	Schwarz criterion		0.961969
Log likelihood	-0.344341	Hannan-Quinn criter.		0.354958
F-statistic	0.520833	Durbin-Watson stat		1.020548
Prob(F-statistic)	0.602027			

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Le modèle estimé est : $\hat{\sigma}_i = 10.91 - 0.19\bar{x}_i$

$$\begin{cases} H0: \beta = 0 \rightarrow \text{modèle additif} \\ H1: \beta \neq 0 \rightarrow \text{modèle multiplicatif} \end{cases}$$

$$T_{n-2}^{\alpha/2} = T_1^{0.025} = 12.71$$

$$Tc = 0.72$$

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

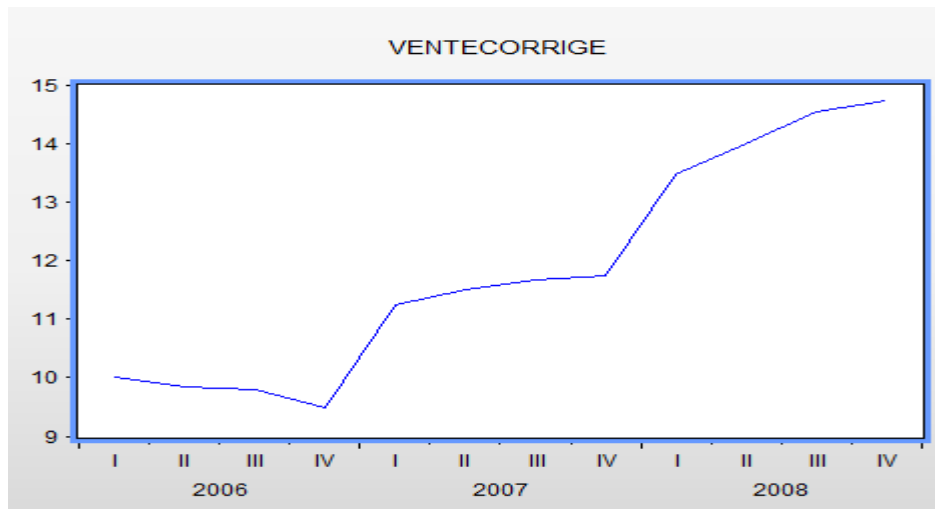
Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

$T_c < T_t$ ou bien probabilité = 0.60 > au risque (0.05) → on accepte H_0 donc **le modèle de décomposition de la série est additif.**

d- Dessaisonnalisation de la série

Ouvrir la série y → procs → Exponential smoothing → choisir no season → nommer la nouvelle série corrigée (ventecorrige) → OK

Figure N°8 : Graphe de la série corrigée



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

L'effet saisonnier a été corrigé

e- Calcul de la prévision

Ouvrir la série vente → procs → Exponential smoothing → choisir le modèle de décomposition de la série (additif) → nommer la nouvelle série corrigée (venteprev) → OK

Remarque : Si vous prévoyez le calcul de prévisions, lorsque vous créez le fichier de travail, il faut inclure les périodes pour lesquelles vous voulez faire une prévision.

Les données de la série vente sont disponibles de 2006 à 2008, donc lorsqu'on veut faire une prévision pour l'année suivante, il faut ajouter l'année 2009.

Les prévisions de la série vente pour l'année 2009, en tenant compte de l'effet saisonnier.

Figure N° 9 : Prévision de la série vente

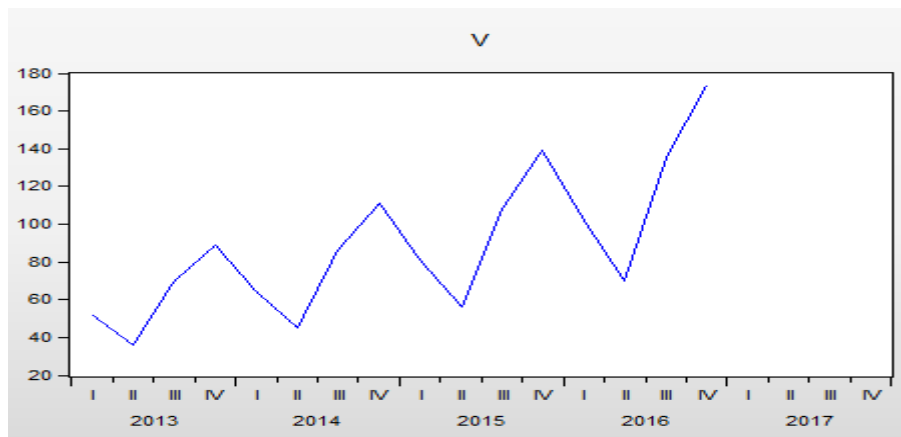
VENTEPREV			
		Last updated: 01/26/21 -	
		Modified: 2006Q1 2008Q4 // vente.snr	
2006Q1	8.916667		
2006Q2	11.24172		
2006Q3	9.835859		
2006Q4	28.28501		
2007Q1	8.957876		
2007Q2	10.07037		
2007Q3	8.115819		
2007Q4	27.38112		
2008Q1	7.725096		
2008Q2	10.10763		
2008Q3	9.342103		
2008Q4	28.53951		
2009Q1	8.835960		
2009Q2	10.83596		
2009Q3	9.502627		
2009Q4	28.50263		

Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

Exercice 2 :

a- Graphe de la série

Figure N°10 : Graphe de la série « V »



Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

b- Test de saisonnalité

Estimer l’équation : $V @seas(1) @seas(2) @seas(3) @seas(4)$ par les MCO

Tableau N°17 : Résultats du test de saisonnalité

Dependent Variable: V
Method: Least Squares
Date: 01/26/21 Time: 20:34
Sample (adjusted): 2013Q1 2016Q4
Included observations: 16 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
@SEAS(1)	75.00000	13.33112	5.625934	0.0001
@SEAS(2)	51.75000	13.33112	3.881895	0.0022
@SEAS(3)	99.50000	13.33112	7.463739	0.0000
@SEAS(4)	128.2500	13.33112	9.620347	0.0000

R-squared	0.602599	Mean dependent var	88.62500
Adjusted R-squared	0.503249	S.D. dependent var	37.82922
S.E. of regression	26.66224	Akaike info criterion	9.616692
Sum squared resid	8530.500	Schwarz criterion	9.809839
Log likelihood	-72.93353	Hannan-Quinn criter.	9.626582
Durbin-Watson stat	0.302730		

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Les probabilités des quatre coefficients [$@seas(1)$; $@seas(2)$; $@seas(3)$; $@seas(4)$] sont égales respectivement à (0.0001 ; 0.0022 ; 0.0000 ; 0.0000)

La probabilité de tous les coefficients est inférieure au risque 0.05 donc on accepte l'hypothèse de présence de saisonnalité

c- Test de décomposition du modèle (Test de Bays Ballot)

- Calculer les moyennes et les écarts types par année
- Estimer le modèle : $\sigma_i = \alpha + \beta \bar{x}_i + \varepsilon_i$ par les MCO

Tableau N° 18 : Résultats du test de Bays Ballot

Dependent Variable: Y
Method: Least Squares
Date: 01/26/21 Time: 21:13
Sample: 2013 2016
Included observations: 4

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.181043	0.181639	-0.996723	0.4239
X	0.322804	0.001989	162.2713	0.0000

R-squared	0.999924	Mean dependent var	28.42750
Adjusted R-squared	0.999886	S.D. dependent var	8.190712
S.E. of regression	0.087423	Akaike info criterion	-1.729271
Sum squared resid	0.015285	Schwarz criterion	-2.036124
Log likelihood	5.458542	Hannan-Quinn criter.	-2.402637
F-statistic	26331.96	Durbin-Watson stat	3.398201
Prob(F-statistic)	0.000038		

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Le modèle estimé est : $\hat{\sigma}_i = -0.18 + 0.32\bar{x}_i$

$$\begin{cases} H_0: \beta = 0 \rightarrow \text{modèle additif} \\ H_1: \beta \neq 0 \rightarrow \text{modèle multiplicatif} \end{cases}$$

$$T_{n-2}^{\alpha/2} = T_2^{0.025} = 4.303$$

$T_c = 162.27$; probabilité = 0

$T_c > T_t$ ou bien probabilité < au risque (0.05) → on accepte H1 donc **le modèle de décomposition de la série est multiplicatif.**

d- Dessaisonnalisation de la série

Pour la dessaisonnalisation de la série, il existe deux méthodes :

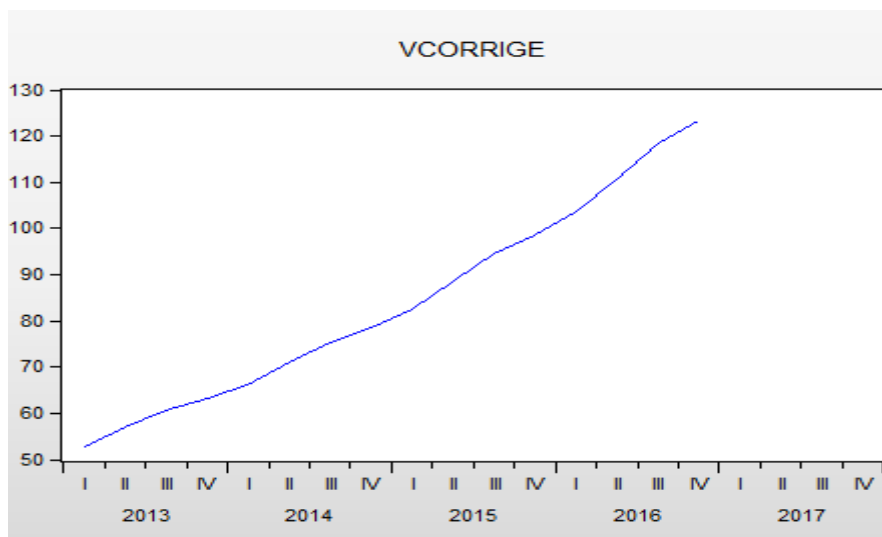
Première méthode : moyenne mobile, cette méthode exige que le nombre d'année soit supérieur ou égal à 4 ans et que la série soit trimestrielle ou mensuelle.

➤ Ouvrir la série → Proc → seasonal ajustement → moving average method

Cocher la case type du modèle (dans ce cas c'est multiplicatif) et nommer la nouvelle série dessaisonnalisée. (vcorrige), cliquer sur OK

La série ajustée (corrigée) des variations saisonnières (vcorrige) est créée dans l'espace de travail.

Figure N°11 : Graphe de la série « V » corrigée avec la méthode moyenne mobile



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

L'effet saisonnier a été corrigé

La deuxième méthode : lissage exponentiel : cette méthode peut être utilisée pour n'importe quelle série saisonnière et pour faire une prévision en tenant compte de l'effet saisonnier.

a- Corriger la série de l'effet saisonnier

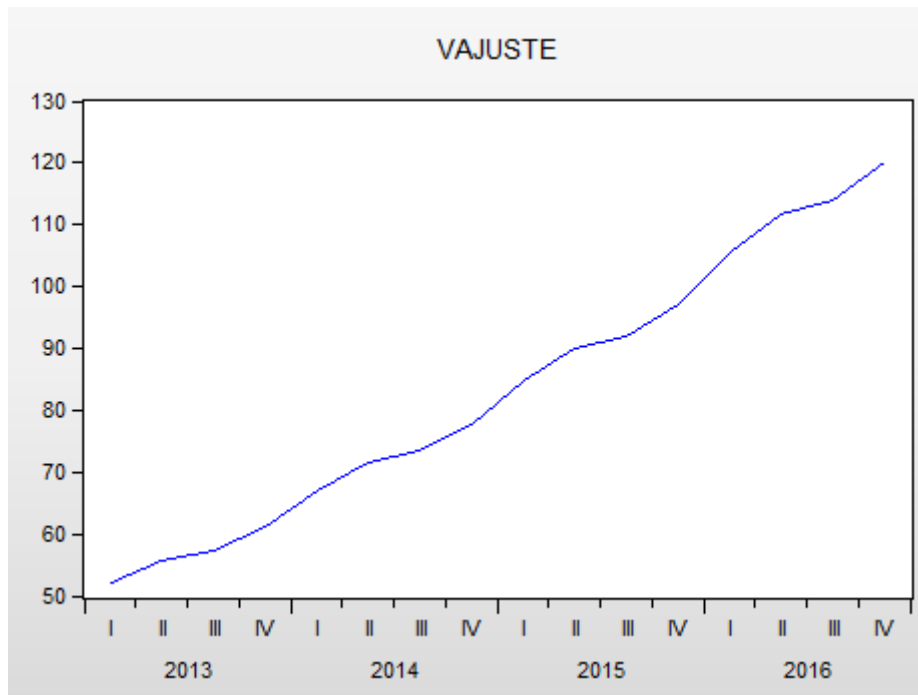
Ouvrir la série V → Proc → exponential Smoothing → no seasonal → nommer la nouvelle série corrigée (Vajuste) → cliquer sur OK

La nouvelle série corrigée Vajuste sans l'effet saisonnier est créée dans l'espace de travail

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

Figure N°12 : Graphe de la série « V » corrigée avec la méthode lissage exponentiel



Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

b- Calculer une prévision pour l’année 2017 en tenant compte de l’effet saisonnier

Ouvrir la série V → Proc → exponential Smoothing → choisir le type de décomposition de la série (multiplicatif) → nommer la nouvelle série corrigée (vprev) → cliquer sur OK

La première fenêtre qui s’affiche c’est les coefficients saisonniers

Figure N°13 : Coefficients saisonniers

Date: 01/26/21 Time: 20:48
 Sample: 2013Q1 2016Q4
 Included observations: 16
 Method: Holt-Winters Multiplicative Seasonal
 Original Series: V
 Forecast Series: VSM

Parameters:	Alpha	1.0000
	Beta	0.8400
	Gamma	0.0000
Sum of Squared Residuals		9.864595
Root Mean Squared Error		0.785199

End of Period Levels:	Mean	129.2009
	Trend	6.964237
	Seasonals:	
	2016Q1	0.939863
	2016Q2	0.609430
	2016Q3	1.103967
	2016Q4	1.346740

Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

Les prévisions sont calculées dans la nouvelles série "Vprev » créée dans l’espace de travail

Figure N°14 : Prévisions de la série « V »

		Last updated: 01/26/21 - 20:47		
		Modified: 2013Q1 2016Q4 // v.smooth(m) vprev		
2013Q1	50.89946			
2013Q2	37.30117			
2013Q3	69.72388			
2013Q4	88.93469			
2014Q1	65.47215			
2014Q2	44.06962			
2014Q3	86.41394			
2014Q4	110.4626			
2015Q1	81.65321			
2015Q2	54.88247			
2015Q3	107.4185			
2015Q4	139.6362			
2016Q1	102.1358			
2016Q2	69.39199			
2016Q3	133.6208			
2016Q4	174.4179			
2017Q1	127.9765			
2017Q2	87.22726			
2017Q3	165.6983			
2017Q4	211.5161			

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Exercice 3 :

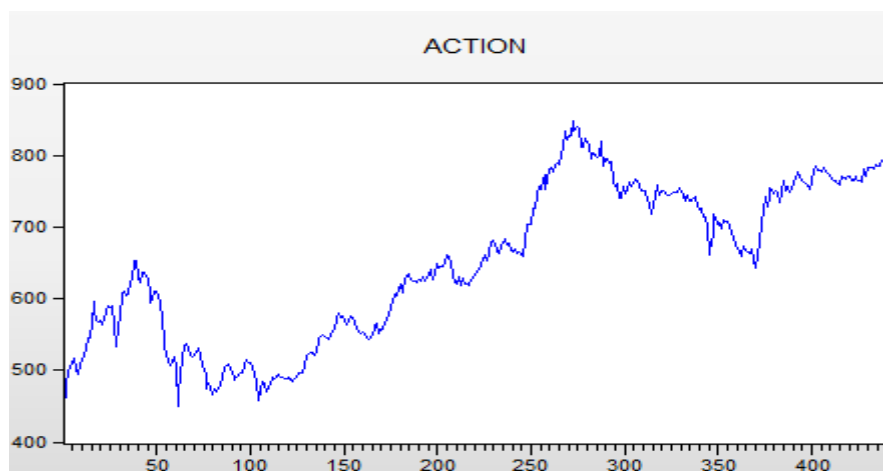
La série « action » représente les cours journaliers d'une action pour une période de 438 jours.

- Afficher le graphe de la série brute
- Tester la stationnarité de la série action avec le test ADF
- Stationnariser la série action
- Afficher le graphe de la série différenciée.

Solution de l'exercice 3 :

- Graphe de la série « action »**

Figure N°15 : Graphe de la série « action »



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Le graphe de la série « Action » montre qu'elle n'est pas stationnaire.

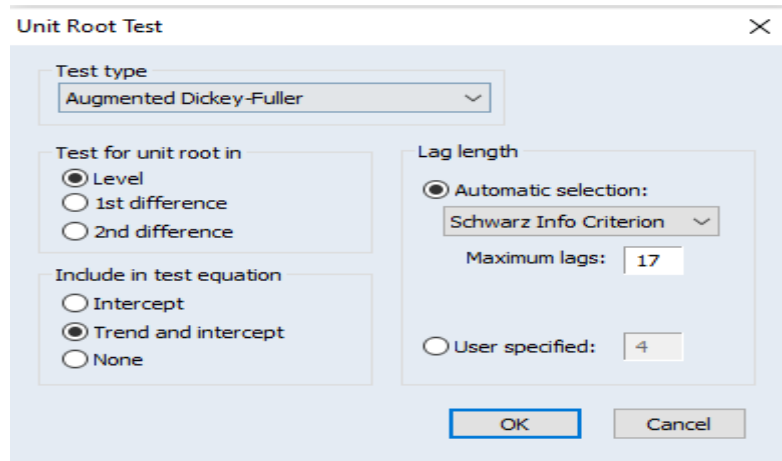
a- Test ADF :

➤ **Etape 1 : Tester le modèle 3**

Méthode 1 : Ouvrir la série → View → Unit Root Test

Méthode 2 : Quick → series statistics → Unit root test → saisir le nom de la série → OK

Figure N°16 : Test ADF pour le modèle (3)



Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

Dans la fenêtre ci-dessus vous avez :

- le type du test (ADF (Augmented Dickey-Fuller) pour notre cas).
- les trois modèle (modèle 3 : Trend and intercept ; modèle 2 : Intercept et modèle 1 : None). **Cocher modèle 3 : Trend and intercept**
- Le niveau du test (niveau, en différence première et en deuxième différence). **Cocher level**
- Le nombre de retard à inclure selon les critères d’Akaike et Schwarz. **Cocher automatic selection**

Tableau N°19 : Estimation du modèle TS pour la série « action »

Null Hypothesis: ACTION has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.158534	0.5111
Test critical values:		
1% level	-3.979246	
5% level	-3.420163	
10% level	-3.132740	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ACTION(-1)	-0.017988	0.008333	-2.158534	0.0314
D(ACTION(-1))	0.164451	0.047341	3.473728	0.0006
C	9.582307	4.217503	2.272033	0.0236
@TREND("1")	0.012227	0.007102	1.721530	0.0859

Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

Dans le modèle 3, on teste la significativité de la tendance (trend)

$$\begin{cases} H_0: trend = 0 & \Rightarrow trend \text{ est non significative} \\ H_1: trend \neq 0 & \Rightarrow trend \text{ est significative} \end{cases}$$

Règle de décision :

➤ **Table de Dickey-Fuller pour le modèle (3)**

$T_c > T_t \rightarrow$ Accepter H_1

$T_c < T_t \rightarrow$ Accepter H_0

➤ **Loi de Student**

Probabilité $<$ risque 5% (0.05) \rightarrow accepter H_1

Probabilité $>$ risque 5% (0.05) \rightarrow Accepter H_0

➤ **En utilisant la table de Dickey-Fuller pour le modèle (3)**

$T_c = 1.72$ $T_t = 2.78$

$T_c < T_t \rightarrow$ Accepter $H_0 \rightarrow$ la tendance n'est pas significative

➤ **En utilisant la loi de Student, nous aurons les mêmes résultats**

La probabilité de la trend est $prob = 0.0859$.

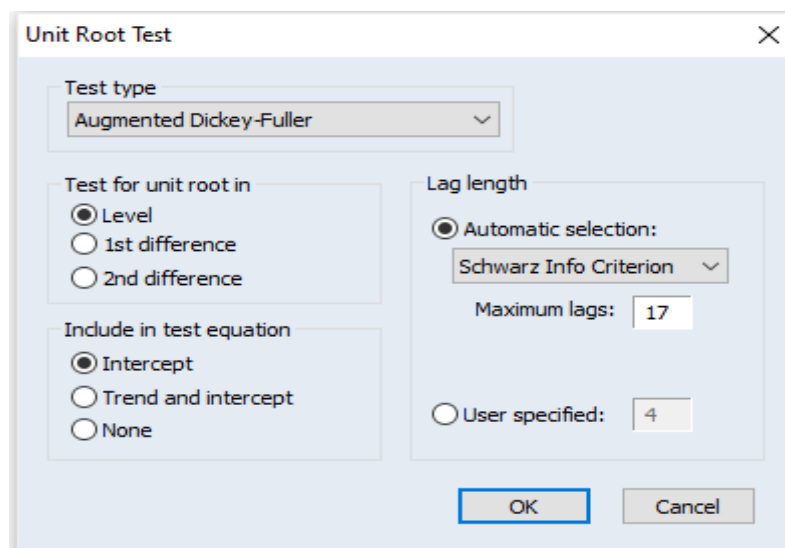
$Prob > 0.05 \rightarrow$ on accepte $H_0 \rightarrow$ la tendance n'est pas significative

\rightarrow **passer à l'étape 2**

➤ **Etape 2 : Tester le modèle 2 : Sans tendance, avec constante**

View \rightarrow Unit Root test \rightarrow Cocher Intercept (modèle 2) \rightarrow OK

Figure N°17 : Test ADF pour le Modèle (2)



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Tableau N°20 : Estimation du modèle DS avec dérive pour la série « action »

Null Hypothesis: ACTION has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.307163	0.6275
Test critical values:		
1% level	-3.445127	
5% level	-2.867949	
10% level	-2.570248	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ACTION(-1)	-0.006018	0.004604	-1.307163	0.1919
D(ACTION(-1))	0.157875	0.047294	3.338162	0.0009
C	4.509869	3.024391	1.491166	0.1366

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Dans le modèle 2, on teste la significativité de la constante (C)

$$\begin{cases} H_0: C = 0 & \Rightarrow C \text{ est non significative} \\ H_1: C \neq 0 & \Rightarrow C \text{ est significative} \end{cases}$$

Règle de décision :

➤ **Table de Dickey-Fuller pour le modèle (2)**

$T_c > T_t \rightarrow$ Accepter H_1

$T_c < T_t \rightarrow$ Accepter H_0

➤ **Loi de Student**

Probabilité < risque 5% (0.05) \rightarrow accepter H_1

Probabilité > risque 5% (0.05) \rightarrow Accepter H_0

➤ **En utilisant la table de Dickey-Fuller pour le modèle (2)**

$T_c = 1.49$ $T_t = 3.03$

$T_c < T_t \rightarrow$ Accepter $H_0 \rightarrow$ la constante n'est pas significative

➤ **Loi de Student nous donne les mêmes résultats**

La probabilité de la constante est $\text{prob} = 0.1366$

$\text{Prob} > 0.05 \rightarrow$ on accepte $H_0 \rightarrow$ la constante n'est pas significative

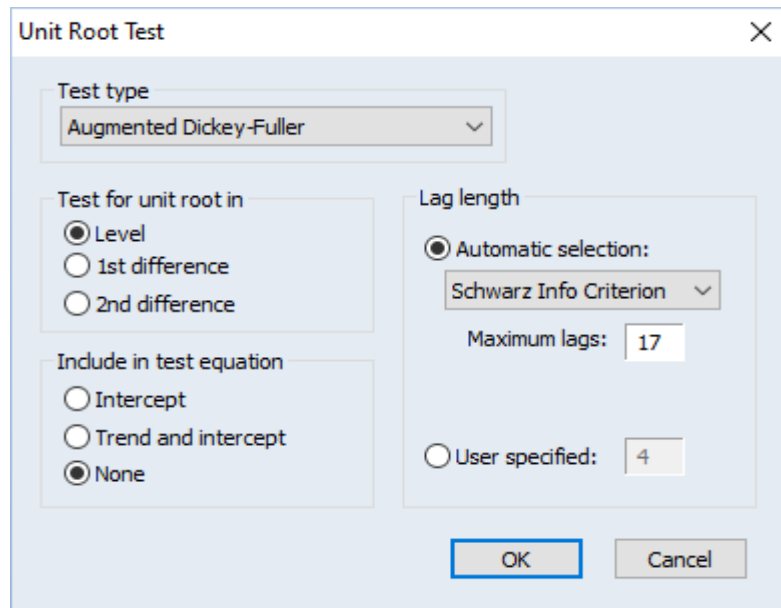
\rightarrow **passer à l'étape 3**

Etape 3 : Tester le modèle 1 : Sans tendance et sans constante

View \rightarrow Unit Root test \rightarrow Cocher None ((pas de tendance, ni de de constance) (modèle 1)

→ OK

Figure N°18 : Test ADF pour le modèle (1)



Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

Tableau N°21 : Estimation du modèle DS sans dérive pour la série « action »

Null Hypothesis: ACTION has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	0.999812	0.9165
Test critical values:		
1% level	-2.570277	
5% level	-1.941551	
10% level	-1.616212	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ACTION(-1)	0.000754	0.000755	0.999812	0.3180
D(ACTION(-1))	0.156286	0.047349	3.300768	0.0010

Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

Dans le modèle 1, on teste l’hypothèse nulle de non stationnarité

$\{H_0$: La série n'est pas stationnaire (la série possède une racine unitaire)

$\{H_1$: La série est stationnaire (la série ne possède pas de racine unitaire)

Règle de décision :

Si $ADF_c < ADF_t^{5\%}$ ou bien la probabilité < au risque (5%) \Rightarrow accepter H_1

Si $ADF_c > ADF_t^{5\%}$ ou bien la probabilité $>$ au risque (5%) \Rightarrow accepter H_0

$$ADF_c = 0.999812$$

$$ADF_t^{5\%} = -1.941551$$

$ADF_c > ADF_t^{5\%}$ et probabilité = 0.9165 $>$ 0.05 \Rightarrow accepter H_0

\Rightarrow La série action n'est pas stationnaire en niveau

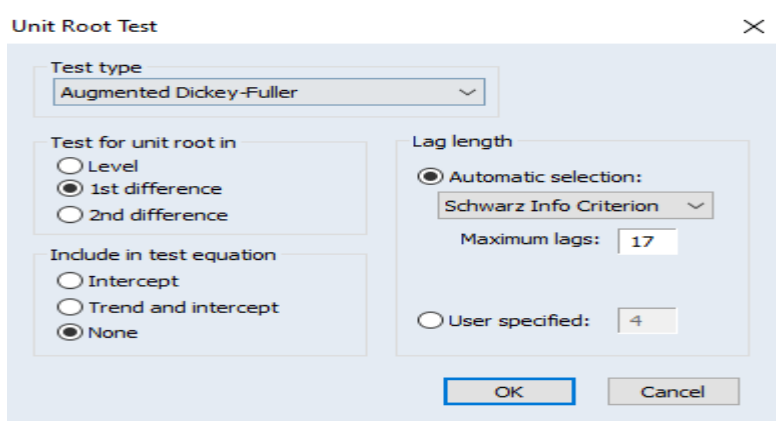
\Rightarrow La série action est processus DS sans dérive non stationnaire.

b- Différenciation

Puisque la série est processus DS non stationnaire \rightarrow On procède au filtre en différence

View \rightarrow Unit Root Test \rightarrow Cocher première différence, donc c'est le premier filtre (1 st difference)

Figure N°19 : Test ADF en première différenciation



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Tableau N°21 : Résultat du premier filtre pour la série « action »

Null Hypothesis: D(ACTION) has a unit root

Exogenous: None

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)

	t-Statistic	Prob.*		
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-17.79510	0.0000		
Test critical values:				
1% level	-2.570277			
5% level	-1.941551			
10% level	-1.616212			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(ACTION(-1))	-0.840065	0.047208	-17.79510	0.0000

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Dans le premier filtre, on teste l'hypothèse nulle de non stationnarité

$\{H_0: \text{La série n'est pas stationnaire (la série possède une racine unitaire)}$

$\{H_1: \text{La série est stationnaire (la série ne possède pas de racine unitaire)}$

$$ADF_c = -17.79510$$

$$ADF_t^{5\%} = -1.941551$$

$ADF_c < ADF_t^{5\%}$ et $prob = 0 < 0.05 \Rightarrow$ **accepter H_1**

\Rightarrow **La série action est stationnaire en différence première**

\Rightarrow **La série action est processus DS sans dérive stationnaire en différence première.**

= La série action est intégrée d'ordre 1, = Action $\rightarrow I(1)$

c- Créer la série différenciée (stationnarisée)

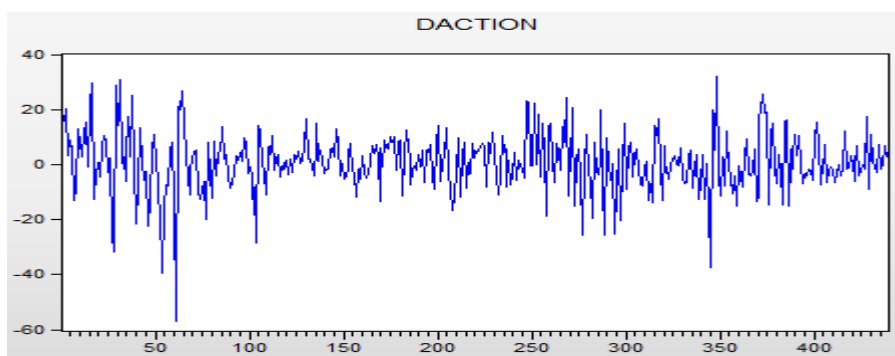
Quick \rightarrow generate series \rightarrow saisir : nom de la nouvelle série différenciée = d(nom de la série)

\rightarrow OK

La nouvelle série daction est créée dans l'espace de travail

d- Graphe de la série « daction »

Figure N° 20 : Graphe de la série filtrée



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Nous remarquons que la tendance à la hausse a disparu

Exercice 4 :

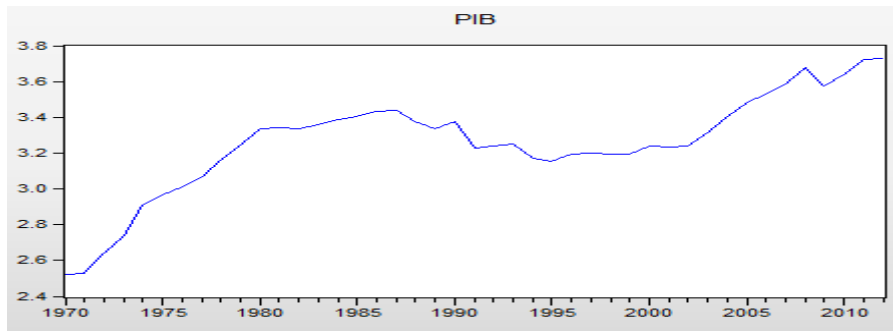
La série PIB représente la croissance économique d'un pays pour la période 1970-2012

- Afficher le graphe de la série brute
- Tester la stationnarité de la série PIB avec le test ADF
- Stationnariser la série PIB, puis afficher son graphe.

Solution de l'exercice 4 :

a- Graphe de la série PIB

Figure N°21 Graphe de la série « PIB »



Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

La lecture du graphe montre que la série PIB n’est pas stationnaire.

b- Test ADF

Etape 1 : Tester le modèle (3) : avec tendance et avec constante

Tableau N°22 : Estimation du modèle TS pour la série « PIB »

Null Hypothesis: PIB has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.112780	0.5239
Test critical values:		
1% level	-4.192337	
5% level	-3.520787	
10% level	-3.191277	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB(-1)	-0.101399	0.047993	-2.112780	0.0411
C	0.341488	0.139638	2.445527	0.0191
@TREND("1970")	0.000769	0.001083	0.710128	0.4818

Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

$$\begin{cases} H0: trend = 0 & \Rightarrow trend \text{ est non significative} \\ H1: trend \neq 0 & \Rightarrow trend \text{ est significative} \end{cases}$$

➤ **En utilisant la table de Dickey-Fuller pour le modèle (3)**

$$Tc = 0.710128 \quad Tt = 2.79$$

$Tc < Tt \rightarrow$ Accepter $H0 \rightarrow$ la tendance n’est pas significative

➤ **En utilisant la loi de Student, nous aurons les mêmes résultats**

La probabilité de la trend est $prob = 0.4818$

$Prob > 0.05 \rightarrow$ on accepte $H0 \rightarrow$ la tendance n’est pas significative

\rightarrow passer à l’étape 2

Etape 2 : Tester le modèle 2 : avec constante et sans tendance

Tableau N°23 : Estimation du modèle DS avec dérive pour la série « PIB »

Null Hypothesis: PIB has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.389062	0.1508
Test critical values:		
1% level	-3.596616	
5% level	-2.933158	
10% level	-2.604867	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB(-1)	-0.076008	0.031815	-2.389062	0.0217
C	0.275571	0.103671	2.658132	0.0112

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Dans le modèle 2, on teste la significativité de la constante (C)

$$\begin{cases} H_0: C = 0 & \Rightarrow C \text{ est non significative} \\ H_1: C \neq 0 & \Rightarrow C \text{ est significative} \end{cases}$$

Règle de décision :

➤ **En utilisant la table de Dickey-Fuller pour le modèle (2)**

$$T_c = 2.658132 \quad T_t = 2.54$$

$T_c > T_t \rightarrow$ Accepter $H_1 \rightarrow$ la constante est significative

➤ **Loi de Student nous donne les mêmes résultats**

La probabilité de la constante est $\text{prob} = 0.0112$

$\text{Prob} < 0.05 \rightarrow$ on accepte $H_1 \rightarrow$ la constante est significative

On teste maintenant l'hypothèse nulle de non stationnarité

$$\begin{cases} H_0: \text{La série n'est pas stationnaire (la série possède une racine unitaire)} \\ H_1: \text{La série est stationnaire (la série ne possède pas de racine unitaire)} \end{cases}$$

$$ADF_c = -2.389062$$

$$ADF_t^{5\%} = -2.933158$$

$$ADF_c > ADF_t^{5\%} \Rightarrow \text{accepter } H_0$$

\Rightarrow **La série action n'est pas stationnaire en niveau**

\Rightarrow **La série action est processus DS avec dérive non stationnaire.**

c- Différenciation

Puisque la série PIB est un processus DS non stationnaire \rightarrow On procède au filtre en différence

Tableau N° 24 : Résultats du test ADF en différence première

Null Hypothesis: D(PIB) has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.030509	0.0002
Test critical values:		
1% level	-2.622585	
5% level	-1.949097	
10% level	-1.611824	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PIB(-1))	-0.577631	0.143315	-4.030509	0.0002

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Dans le premier filtre, on teste l'hypothèse nulle de non stationnarité

$\{H_0: \text{La série n'est pas stationnaire (la série possède une racine unitaire)}$

$\{H_1: \text{La série est stationnaire (la série ne possède pas de racine unitaire)}$

$$ADF_c = - 4.030509$$

$$ADF_t^{5\%} = - 1.949097$$

$$ADF_c < ADF_t^{5\%} \text{ et la prob} = 0.0002 < 0.05 \Rightarrow \text{accepter } H_1$$

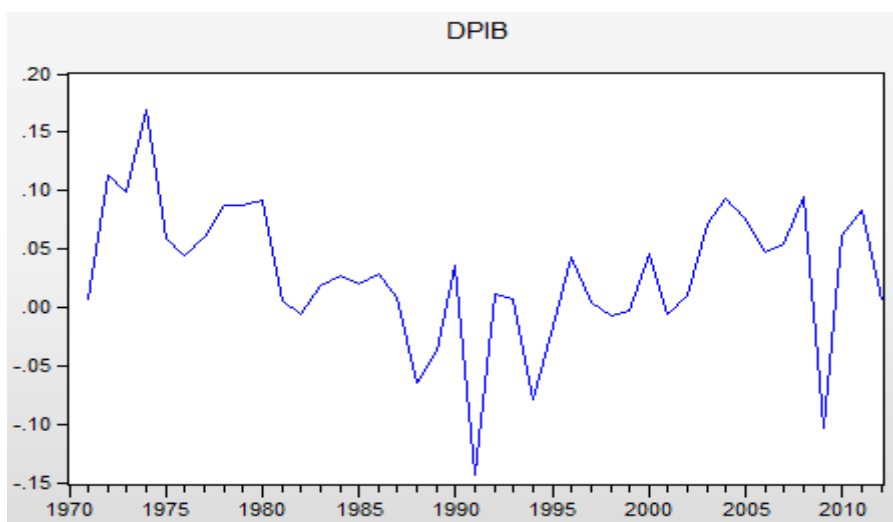
$\Rightarrow \text{La série PIB est stationnaire en différence première}$

$\Rightarrow \text{La série PIB est un processus DS avec dérive stationnaire en différence première.}$

$= \text{La série PIB est intégrée d'ordre (1),; } PIB \rightarrow I(1)$

d- graphe de la série différenciée

Figure N°22 : Graphe de la série filtrée



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Après le premier filtre, nous remarquons que la série PIB est devenue stationnaire.

Exercice 5 :

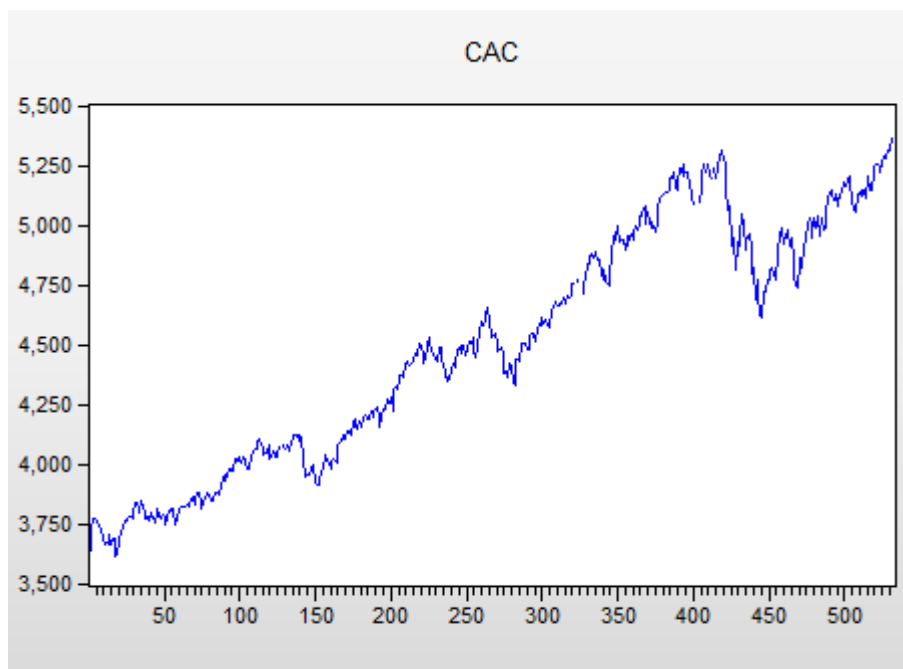
La série « CAC » représente les valeurs journalières de l'indice boursier français CAC40 pour 532 jours.

- a- Afficher le graphe de la série « CAC » et son corrélogramme
- b- Effectuer le test ADF
- c- Stationnariser la série « CAC »
- d- Appliquer le test ADF sur la série stationnarisée.

Solution de l'exercice 5 :

- a- Graphe et corrélogramme de la série « CAC »

Figure N°23 : Graphe de la série « CAC »



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

D'après le graphe la série « CAC » est affectée par une tendance haussière.

Figure N° 24 : Corrélogramme de la série « CAC »

Sample: 1 532
Included observations: 525

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.982	0.982	509.38	0.000
		2	0.970	0.149	1007.1	0.000
		3	0.962	0.150	1497.9	0.000
		4	0.954	0.013	1980.8	0.000
		5	0.946	0.058	2457.2	0.000
		6	0.939	0.007	2927.0	0.000
		7	0.932	0.024	3390.7	0.000
		8	0.926	0.042	3849.5	0.000
		9	0.921	0.037	4304.0	0.000
		10	0.918	0.099	4756.8	0.000

Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

Le corrélogramme de la série « CAC » montre qu’elle n’est pas stationnaire. En effet, il y a plusieurs termes qui dépassent les bandes de l’intervalle de confiance et les probabilités critiques de la statistique sont toutes égales à zéro.

b- Test ADF

Etape 1 : Tester le modèle 3 : Avec constante et avec tendance

Tableau N°25 : Estimation du modèle TS pour la série « CAC »

Null Hypothesis: CAC has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=18)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.130755	0.1002
Test critical values:		
1% level	-3.975837	
5% level	-3.418503	
10% level	-3.131758	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CAC(-1)	-0.036586	0.011686	-3.130755	0.0018
C	137.7159	43.05071	3.198924	0.0015
@TREND("1")	0.112476	0.037557	2.994814	0.0029

Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

$\begin{cases} H_0: trend = 0 & \Rightarrow trend \text{ est non significative} \\ H_1: trend \neq 0 & \Rightarrow trend \text{ est significative} \end{cases}$

➤ **En utilisant la table de Dickey-Fuller pour le modèle (3)**

$T_c = 2.994814$ $T_t = 2.78$

$T_c > T_t \rightarrow$ Accepter $H_1 \rightarrow$ la tendance est significative

➤ **En utilisant la loi de Student, nous aurons les mêmes résultats**

La probabilité de la trend est $prob = 0.0029$

$Prob < 0.05 \rightarrow$ on accepte $H_1 \rightarrow$ la tendance est significative \rightarrow La série « CAC » est un TS

On teste directement l’hypothèse nulle de non stationnarité

$\{H_0: \text{La série n'est pas stationnaire (la série possède une racine unitaire)}$

$\{H_1: \text{La série est stationnaire (la série ne possède pas de racine unitaire)}$

$ADF_c = - 3.130755$

$ADF_t^{5\%} = - 3.418503$

$ADF_c > ADF_t^{5\%}$ et la $prob = 0.1002 > 0.05 \Rightarrow$ accepter H_0

\Rightarrow La série Cac n'est pas stationnaire en niveau

\Rightarrow La série Cac est un processus TS non stationnaire.

c- Stationnarisation de la série « CAC »

Pour stationnariser un processus TS,

- on fait une régression sur la tendance avec la méthode MCO (Quick \rightarrow Estimate equation \rightarrow saisir : nom de la série c @trend \rightarrow OK).
- Ensuite on génère la série des résidus (Procs \rightarrow Make residual series \rightarrow nommer la nouvelle série \rightarrow OK)

La nouvelle série « Cac1 » est créée dans l’espace de travail.

Application du test ADF sur la série « CAC1 »

Tableau N° 26 : Test ADF sur la série stationnarisée

Null Hypothesis: CAC1 has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=18)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.137390	0.0017
Test critical values:		
1% level	-2.569425	
5% level	-1.941434	
10% level	-1.616289	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CAC1(-1)	-0.036591	0.011663	-3.137390	0.0018

Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

$\{H_0: \text{La série n'est pas stationnaire (la série possède une racine unitaire)}$
 $\{H_1: \text{La série est stationnaire (la série ne possède pas de racine unitaire)}$

$$ADF_c = - 3.137390$$

$$ADF_t^{5\%} = - 1.941434$$

$ADF_c < ADF_t^{5\%}$ et la prob = 0.0017 < 0.05 \Rightarrow **accepter H1**

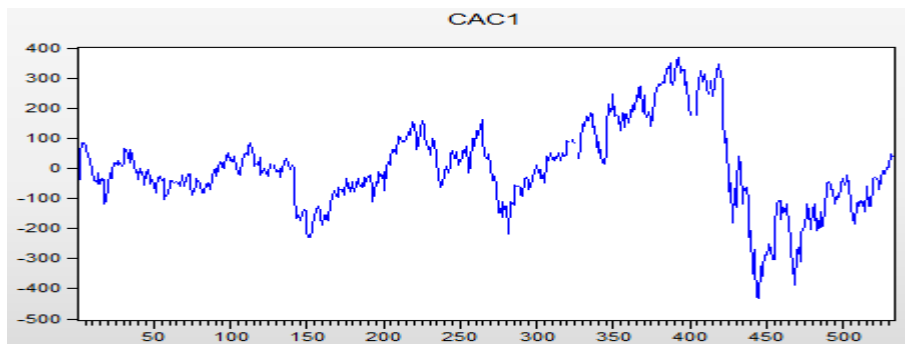
\Rightarrow **La série CAC est stationnaire**

\Rightarrow **La série CAC est un processus TS stationnaire en première différence.**

= La série CAC est intégrée d'ordre (1),; CAC \rightarrow I(1)

d- Graphe et corrélogramme de la série stationnarisée

Figure N° 25 : Graphe de la série « CAC1 »



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Figure N°26 : Corrélogramme de la série « CAC1 »

Sample: 1 532
 Included observations: 519

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.065	-0.065	2.2207	0.136
		2	-0.015	-0.019	2.3373	0.311
		3	0.030	0.028	2.8062	0.422
		4	-0.034	-0.031	3.4130	0.491
		5	-0.006	-0.009	3.4319	0.634
		6	0.013	0.011	3.5259	0.741
		7	-0.090	-0.087	7.7835	0.352
		8	-0.062	-0.075	9.8039	0.279
		9	-0.023	-0.037	10.089	0.343
		10	-0.024	-0.026	10.388	0.407

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

La lecture du corrélogramme de la série « CAC1 » montre qu'aucun terme n'est à l'extérieur aux deux intervalles de confiance et la statistique Q a une probabilité critique supérieure à 0.05, donc la série est stationnaire.

Exercice 6 :

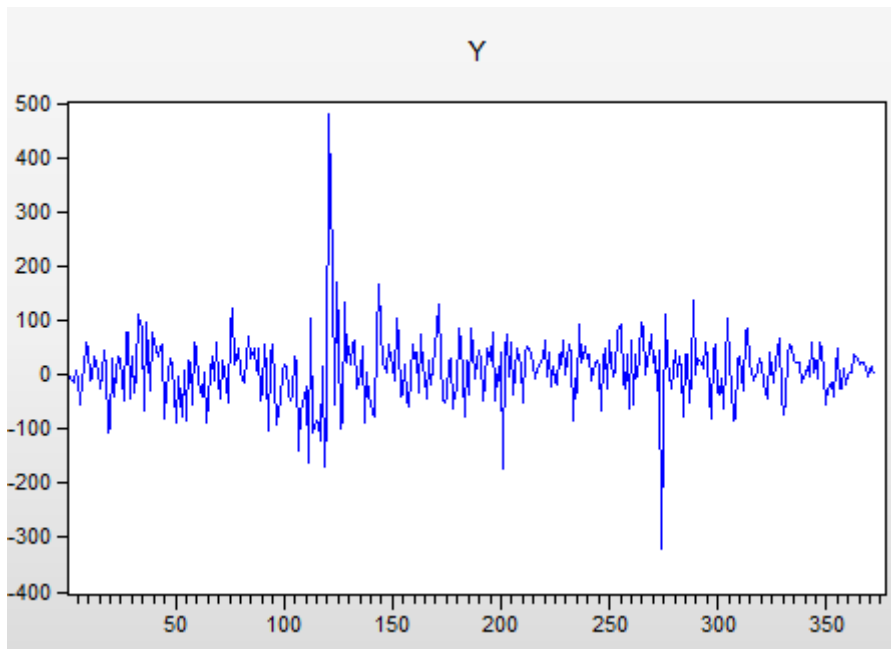
Y est une série temporelle avec un nombre d'observation N= 376.

- a- Afficher le graphe de la série Y
- b- Appliquer le test ADF

Solution de l'exercice 6 :

- a- **Graphe et corrélogramme de la série Y**

Figure N° 27 : Graphe de la série « y »



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

- b- **Test ADF : Etape 1 : Tester le modèle (3)**

Tableau N° 27: Estimation du modèle TS pour la série « Y »

Null Hypothesis: Y has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=16)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-16.97745	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.982988	
5% level	-3.421983	
10% level	-3.133816	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y(-1)	-0.878477	0.051744	-16.97745	0.0000
C	4.032071	6.333825	0.636593	0.5248
@TREND("1")	0.015104	0.029506	0.511896	0.6090

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Dans le modèle 3, on teste la signification de la tendance (trend)

$$\begin{cases} H_0: trend = 0 & \Rightarrow trend \text{ est non significative} \\ H_1: trend \neq 0 & \Rightarrow trend \text{ est significative} \end{cases}$$

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

➤ **En utilisant la table de Dickey-Fuller pour le modèle (3)**

$$T_c = 0.511896 \quad T_t = 2.78$$

$T_c < T_t \rightarrow$ Accepter $H_0 \rightarrow$ la tendance n'est pas significative

➤ **En utilisant la loi de Student, nous aurons les mêmes résultats**

La probabilité de la trend est $\text{prob} = 0.6090$.

$\text{Prob} > 0.05 \rightarrow$ on accepte $H_0 \rightarrow$ la tendance n'est pas significative

\rightarrow passer à l'étape 2

➤ **Etape 2 : Tester le modèle (2) : Sans tendance, avec constante**

Tableau N°28 : Estimation du modèle DS avec dérive pour la série « Y »

Null Hypothesis: Y has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=16)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-16.98674	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.447770	
5% level	-2.869113	
10% level	-2.570871	
Included observations: 371 after adjustments		

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y(-1)	-0.877638	0.051666	-16.98674	0.0000
C	6.834884	3.180802	2.148793	0.0323

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

$$\begin{cases} H_0: C = 0 & \Rightarrow C \text{ est non significative} \\ H_1: C \neq 0 & \Rightarrow C \text{ est significative} \end{cases}$$

➤ **Loi de Student nous donne les résultats suivants**

La probabilité de la constante est $\text{prob} = 0.0323$

$\text{Prob} < 0.05 \rightarrow$ on accepte $H_1 \rightarrow$ la constante est significative, cependant la table de **Dickey-Fuller pour le modèle (2), donne des résultats différents.**

$$T_c = 2.148793 \quad T_t = 2.52$$

$T_c < T_t \rightarrow$ Accepter $H_0 \rightarrow$ la constante n'est pas significative

Dans ce cas on se réfère à la table de **Dickey-Fuller donc on accepte $H_0 \rightarrow$ la constante n'est pas significative.**

\rightarrow passer à l'étape 3

Etape 3 : Tester le modèle 1 : Sans tendance et sans constante

Tableau N°29 : Estimation du modèle DS sans dérive pour la série « Y »

Null Hypothesis: Y has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=16)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-16.76852	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.571210	
5% level	-1.941680	
10% level	-1.616127	

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y(-1)	-0.863606	0.051502	-16.76852	0.0000

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

$\{H_0: \text{La série n'est pas stationnaire (la série possède une racine unitaire)}$
 $\{H_1: \text{La série est stationnaire (la série ne possède pas de racine unitaire)}$

$$ADF_c = -16.76852$$

$$ADF_t^{5\%} = -1.941680$$

$$ADF_c < ADF_t^{5\%} \text{ et probabilité} = 0.000 < 0.05 \Rightarrow \text{accepter } H_1$$

\Rightarrow **La série Y est stationnaire en niveau**

\Rightarrow **La série Y est un processus DS sans dérive stationnaire en niveau. Y**

\rightarrow **(0)**

L'analyse des séries temporelle est un objet fondamental de la statistique, qui permet de connaître les concepts des séries chronologiques en définissant ses caractéristiques, en déterminant ses composantes et surtout de faire des prévisions pour une meilleure prise de décision.

***Chapitre II : Le
processus VAR
(vecteur***

Les processus VAR (vecteur autorégressif) ont été introduits par Sims (1980) comme alternative aux modèles classiques d'économétrie qui distingue entre variable endogène et variables exogène.

Sims a remarqué que la distinction entre les variables peut être non validée par les données statistiques. Les caractéristiques essentielles du modèle VAR est ne plus distinguer entre variables endogène et variables exogène au sens où toutes les variables figurant dans le modèle ont le même statut.

2-1- Exemple introductif

Considérant deux variables aléatoires stationnaires Y_{t1} ; Y_{t2} . Chaque variable est fonction de ses propres valeurs passées, mais aussi des valeurs passées et présentes des autres variables.

Supposant que l'on ait $p = 4$, le modèle VAR (4) décrivant ces deux variables est le suivant :

$$\begin{cases} Y_{1t} = a_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i}Y_{1t-i} + \sum_{j=1}^4 c_{1j}Y_{2t-j} - d_1Y_{2t} + \varepsilon_{1t} \\ Y_{2t} = a_2 + \sum_{i=1}^4 b_{2i}Y_{1t-i} + \sum_{j=1}^4 c_{2j}Y_{2t-j} - d_2Y_{1t} + \varepsilon_{2t} \end{cases}$$

ε_{1t} et ε_{2t} sont des bruits blancs non corrélés.

Sous la forme matricielle le modèle VAR (4) s'écrit :

$$BY_t = \Phi_0 + \sum_{i=1}^4 \Phi_i Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\text{Avec : } B = \begin{pmatrix} 1 & d_1 \\ d_2 & 1 \end{pmatrix} \quad ; \quad \Phi_0 = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

$$Y_t = \begin{pmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \end{pmatrix} ; \quad \Phi_i = \begin{pmatrix} b_{1i} & c_{1i} \\ b_{2i} & c_{2i} \end{pmatrix} \quad ; \quad \varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{pmatrix}$$

2-2- Formulation générale

Le modèle général VAR (P) décrivant deux variables Y_{t1} et Y_{t2} s'écrit de la manière suivante :

$$Y_t = \Phi_0 + \Phi_1 Y_{t-1} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Pour un nombre de retard $P = 1 \rightarrow$ Le modèle VAR (1) à deux variables $Y_1, Y_2 \rightarrow$ nous donne 8 paramètres

$$\begin{cases} Y_{1t} = a_1 + b_{1.1}Y_{1t-1} + c_{1.1}Y_{2t-1} - d_1Y_{2t} + \varepsilon_{1t} \\ Y_{2t} = a_2 + b_{2.1}Y_{1t-1} + c_{2.1}Y_{2t-1} - d_2Y_{1t} + \varepsilon_{2t} \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & d_1 \\ d_2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{1.1} & c_{1.1} \\ b_{2.1} & c_{2.1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-1} \\ Y_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow BY_t = \Phi_0 + \Phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{VAR}(1)$$

2-3- Estimation des paramètres

Les paramètres du processus VAR ne peuvent être estimés que sur des séries temporelles stationnaires.

Deux techniques d'estimation sont utilisées :

-Estimation de chaque équation du modèle VAR par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO).

-Estimation par la technique du maximum du vraisemblance.

L'estimation du modèle VAR nécessite le choix du nombre de retard (p). Afin de déterminer cette valeur, il est possible d'utiliser les critères d'information d'Akaik (AIC) et Schwarz (SC).

Le processus consiste à estimer un certain nombre de modèle VAR allant de zéro à « h », avec h, le nombre de retard maximum.

On retient le retard « p » qui minimise les critères d'AIC et SC. En cas de différence, on utilise le principe de parcimonie qui consiste à choisir la valeur « p » la plus faible.

2-4- La causalité au sens de Granger

La notion de causalité joue un rôle très important en économie dans la mesure où elle permet de mieux comprendre les relations entre les variables.

Afin de mieux présenter cette notion, considérant deux variables Y1 et Y2.

On dit que Y1 cause Y2 au sens de Granger si la prévision de Y2 fondée sur la connaissance des passés conjoints de Y1 et Y2 est meilleure que la prévision fondée sur la seule connaissance du passé de Y2. (Granger 1969)

2-5- Analyse des impulsions

2-5-1- La fonction de réponse impulsionnelle

C'est une fonction qui analyse un choc (appelé innovation) sur les variables).

L'analyse consiste à mesurer la variation

Pour analyser les chocs, il faut choisir entre deux possibilités :

Y1 cause Y2 ou bien Y2 cause Y1

Si Y_1 cause Y_2 , cela signifie qu'un choc sur Y_2 à un instant « t » a une conséquence sur Y_2 mais pas sur Y_1 , en revanche, un choc sur Y_1 a une conséquence sur Y_1 mais aussi sur Y_2 . Cette procédure s'appelle la décomposition de Cholesky.

2-5-2- La décomposition de la variance

La décomposition de la variance de l'erreur de prévision a pour objectif de calculer pour chacune des innovations (chocs) sa contribution à la variance de l'erreur.

L'interprétation des résultats est importante :

*Si un choc sur ε_1 affecte fortement voir totalement la variance de l'erreur Y_2 alors, Y_2 est considérée comme endogène.

Aussi, les résultats indiquent la contribution de chacune des variables à la variance de l'erreur.

2-6- Applications sur Eviews

Exercice 1 :

On a deux séries, Y_1 qui représente la demande et Y_2 qui représente les prix. Nous allons estimer un modèle VAR.

Etape 1 : Test de racine unitaire pour déterminer l'ordre d'intégration des séries.

Le test ADF montre que les deux séries sont stationnaires en niveau, autrement dit, elles sont $I(0)$.

Y_1 et Y_2 sont des processus DS sans dérive

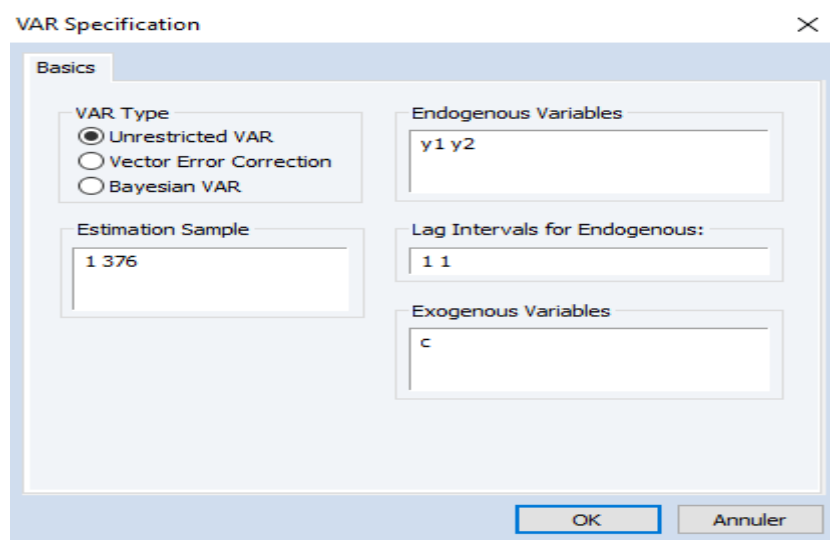
Etape 2 : Choix du nombre de retard optimal pour le modèle VAR (P).

Le nombre de retard se choisit selon les critères d'informations d'Akaike et Schwarz

Méthode 1 :

Quick → Estimate VAR → Saisir le nom des séries (Y_1 Y_2) → Cocher VAR → on commence par un retard $P=1$ → OK

Figure N° 28 : Procédure pour le choix du nombre de retard



Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

On prend les valeurs des critères d’Akaike et Schwarz.

On refait la même chose pour un retard $P = 2$, puis $P = 3$ et $P = 4$ et à chaque fois on prend les valeurs d’informations des critères AIC et SC.

Tableau N°30 : Les valeurs des critères d’information AIC et SC

p	1	2	3	4
Aic	20.97	20.96	20.97	21.01
Sc	21.03	21.06	21.12	21.20

Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

On choisit le retard P qui minimise les critères AIC et SC

Selon AIC, $P=2$ (puisque la valeur la plus faible des quatre est (20.96) et elle correspond à $p=2$)

Selon SC, $P=1$ (puisque la valeur la plus faible des quatre est (21.03) et elle correspond à $p=1$)

Dans ce cas de différence, on utilise le principe de parcimonie selon lequel il faut choisir la valeur de P la plus faible des deux.

Donc le nombre de retard optimal est $P = 1$ et notre modèle est VAR(1)

Méthode 2 :

Estimer le modèle VAR : Quick → Estimate VAR → Saisir le nom des séries (Y1 Y2) → Cocher VAR → on commence par un retard $P=1$ → OK → View → Lag structure → Lag Length Criteria → introduire de nombre de retard maximum → OK

Figure N°29 : Choix du nombre de retard pour le modèle VAR

VAR Lag Order Selection Criteria
 Endogenous variables: Y1 Y2
 Exogenous variables: C
 Sample: 1 376
 Included observations: 368

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-3883.622	NA	5084742.	21.11751	21.13875	21.12595
1	-3853.504	59.74379	4411887.	20.97557	21.03929*	21.00088
2	-3843.817	19.11074*	4277623.*	20.94466*	21.05086	20.98685*
3	-3840.151	7.193126	4285413.	20.94647	21.09515	21.00554
4	-3839.715	0.850551	4369276.	20.96584	21.15700	21.04179

* indicates lag order selected by the criterion
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
 FPE: Final prediction error
 AIC: Akaike information criterion
 SC: Schwarz information criterion
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

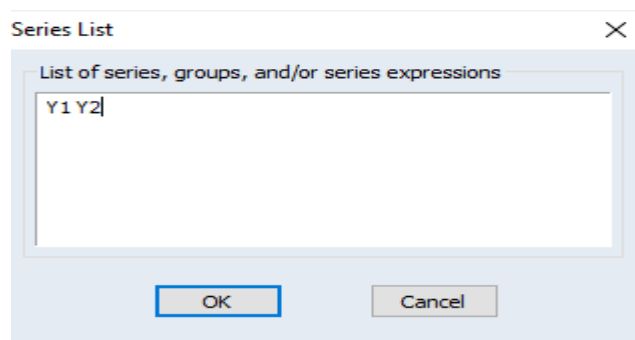
Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

Le même principe, on choisit le nombre de retard « p » qui minimise les valeurs d’Akaike et Schwarz

Etape 3 : La causalité au sens de Granger

Quick → Group statistics → Granger Causality Test → Saisir le nom des séries → OK

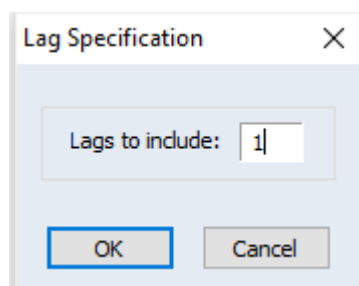
Figure N° 30 : Procédure de la causalité de Granger



Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

Saisir le nombre de retard optimal choisi dans l’étape 2 → OK

Figure N°31 : Spécification du nombre de retard



Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

Les résultats sont les suivants

Tableau N°31 : Résultats de la causalité de Granger

Pairwise Granger Causality Tests

Sample: 1 376

Lags: 1

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
Y2 does not Granger Cause Y1	371	4.38566	0.0369
Y1 does not Granger Cause Y2		24.5242	1.E-06

Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

Interprétation

Le test de causalité est formulé sous les deux hypothèses suivantes :

- $\begin{cases} H0: Y2 \text{ ne cause pas } Y1 \text{ au sens de Granger} \\ H1: Y2 \text{ cause } Y1 \text{ au sens de Granger} \end{cases}$

Règle de décision :

Si Probabilité < 0.05 \Rightarrow accepter H0

Si Probabilité > 0.05 \Rightarrow accepter H1

Probabilité = 0.0369 < 0.05 \rightarrow On accepte H1 \rightarrow donc Y2 cause Y1 au sens de Granger.

- $\begin{cases} H0: Y1 \text{ ne cause pas } Y2 \text{ au sens de Granger} \\ H1: Y1 \text{ cause } Y2 \text{ au sens de Granger} \end{cases}$

Probabilité = 1.1E-06 = 0.0000011 < 0.05 \rightarrow On accepte H1, Donc Y1 cause Y2 au sens de Granger.

Nous rejetons H0 dans les deux cas, Y2 cause Y1 et Y1 cause Y2. Nous avons un effet de boucle rétroactive (feedback). Le prix influence la demande et la demande influence le prix.

Etape 3 : Estimation du modèle VAR(1)

Quick \rightarrow Estimate VAR \rightarrow Saisir le nom des séries, le nombre de retard optimal et cocher VAR \rightarrow OK

Tableau N° 32 : Estimation du modèle VAR(1)

Vector Autoregression Estimates

Date: 01/30/21 Time: 22:13

Sample (adjusted): 2 372

Included observations: 371 after adjustments

Standard errors in () & t-statistics in []

	Y1	Y2	
Y1(-1)	0.084288	-0.159821	\leftarrow Estimation du paramètre

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d’application sur logiciel Eviews

	(0.05455)	(0.03227)	← L'écart type
	[1.54517]	[-4.95219]	← La statistique de Student
Y2(-1)	-0.180512	0.220286	
	(0.08620)	(0.05100)	
	[-2.09420]	[4.31969]	
C	7.210467	1.559287	
	(3.17138)	(1.87626)	
	[2.27360]	[0.83106]	

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

L'équation du modèle estimé est la suivante :

$$\hat{Y}_{1t} = 0.084Y_{1,t-1} - 0.180Y_{2,t-1} + 7.210$$

$$\hat{Y}_{2t} = -0.159Y_{1,t-1} + 0.220Y_{2,t-1} + 1.559$$

Etape 4 : Tester la signification des paramètres

On compare la t-statistic à la t-tabulée

$$\begin{cases} H0: \beta = 0 \\ H1: \beta \neq 0 \end{cases}$$

Règle de décision :

Si $t_c < t_t^{5\%} \Rightarrow$ **accepter H0** Lorsque : $N > 30 \rightarrow t_t^{5\%} = 1.96$

Si $t_c > t_t^{5\%} \Rightarrow$ **accepter H1**

$1.54 < 1.96 \rightarrow$ on accepte H0 \rightarrow Le paramètre $Y_{1,t-1}$ dans l'équation 1 n'est pas significatif

$2.09 > 1.96$; $4.95 > 1.96$; $4.31 > 1.96 \rightarrow$ on rejette H0 \rightarrow Le paramètre $Y_{2,t-1}$ dans l'équation 1 et les paramètres $Y_{1,t-1}$, $Y_{2,t-1}$ dans l'équation 2 sont significatifs.

- Y1 est expliqué uniquement par Y2 (les prix). La demande dépend uniquement des prix.
- Y2 est expliqué par Y1 et le passé de Y2 donc les prix dépendent des prix passés et de la demande.

Etape 5 : La prévision

On calcule la prévision à un horizon de deux périodes

$$\hat{Y}_{1,373} = 0.084Y_{1,372} - 0.180Y_{2,372} + 7.210$$

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

$$\hat{Y}_{1;373} = 0.084(0) - 0.180(-7) + 7.210$$

$$\hat{Y}_{1;373} = 8.47$$

$$\hat{Y}_{2;373} = -0.159Y_{1;372} + 0.220Y_{2;372} + 1.559$$

$$\hat{Y}_{2;373} = -0.159(0) + 0.220(-7) + 1.559$$

$$\hat{Y}_{2;373} = 0.017$$

$$\hat{Y}_{1;374} = 0.084Y_{1;373} - 0.180Y_{2;373} + 7.210$$

$$\hat{Y}_{1;374} = 0.084(8.47) - 0.180(0.017) + 7.210$$

$$\hat{Y}_{1;374} = 7.92$$

$$\hat{Y}_{2;374} = -0.159Y_{1;373} + 0.220Y_{2;373} + 1.559$$

$$\hat{Y}_{2;374} = -0.159(8.47) + 0.220(0.017) + 1.559$$

$$\hat{Y}_{2;374} = 0.208$$

Etape 6 : Décomposition de la variance

La décomposition de la variance de l’erreur de prévision a pour objectif de calculer pour chacune des innovations sa contribution à la variance de l’erreur

View → Variance Decomposition

Tableau N°33 : Résultats de décomposition de la variance

Variance Decomposition of Y1:			
Period	S.E.	Y1	Y2
1	60.49828	100.0000	0.000000
2	61.21606	98.98482	1.015183
3	61.30708	98.89394	1.106065
4	61.31718	98.88356	1.116445
5	61.31831	98.88239	1.117609
6	61.31844	98.88226	1.117740
7	61.31845	98.88225	1.117755
8	61.31846	98.88224	1.117756
9	61.31846	98.88224	1.117757
10	61.31846	98.88224	1.117757

Variance Decomposition of Y2:			
Period	S.E.	Y1	Y2
1	35.79217	8.864569	91.13543
2	38.49840	17.40438	82.59562
3	38.77274	18.10411	81.89589
4	38.80363	18.18269	81.81731
5	38.80709	18.19149	81.80851
6	38.80748	18.19248	81.80752
7	38.80753	18.19259	81.80741
8	38.80753	18.19261	81.80739
9	38.80753	18.19261	81.80739
10	38.80753	18.19261	81.80739

Cholesky Ordering: Y1 Y2			
--------------------------	--	--	--

Source : Réalisé par l’auteur avec le logiciel Eviews 9

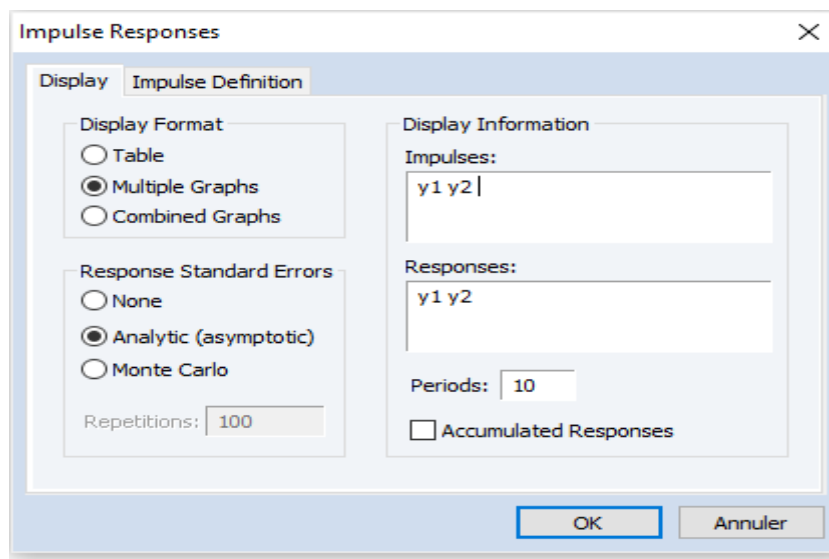
La variance de l'erreur de prévision de Y1 est due pour 81.88% à ses propres innovations et pour 18.19 à Y1. Donc, la demande a une influence non négligeable sur les prix.

Etape 7 : Analyse des réponses impulsionnelles

L'analyse impulsionnelle va permettre de déterminer l'influence d'un choc relié à l'évolution d'une des variables sur les autres variables du système.

View → Impulse Response

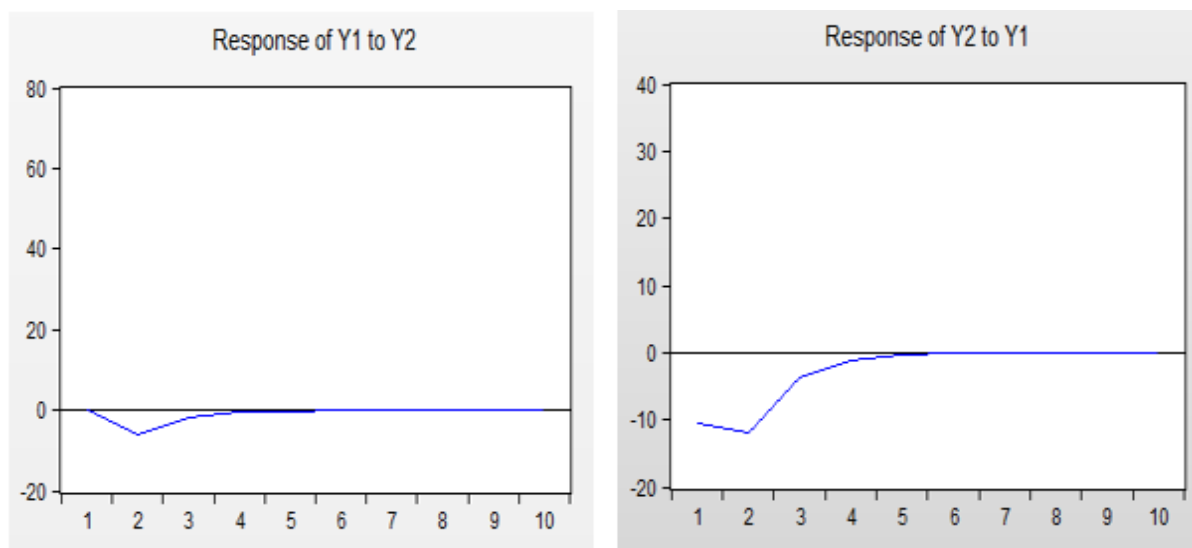
Figure N°34 : Procédure des réponses impulsionnelles



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Les figures suivantes retracent les fonctions de réponse impulsionnelle. L'effet du choc est étudié sur une période de 10 ans.

Figure N°35 : Les réponses impulsionnelles



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Un choc sur Y1 se répercute sur Y2. En effet, un choc sur la demande se traduit par un effet négatif sur les prix durant la première année, puis positif au cours de la deuxième année pour s'amortir à la cinquième année.

Les modèles VAR permettent de déceler les liens dynamiques entre les variables, ils permettent d'expliquer une variable par rapport à ses retards et en fonction de l'information contenue dans d'autres variables pertinentes. C'est une méthode assez simple à mettre en œuvre et comprend des procédures d'estimation et des tests.

***Chapitre III : Les
modèles à
correction d'erreur***

La vérification de l'existence d'une relation linéaire entre plusieurs variables et l'estimation de ses paramètres est confrontée à de nombreux problèmes, d'autant plus que certaines variables ont une tendance stochastique (racine unitaire).

Même si dans la réalité, aucune relation linéaire ne lie ces variables, une estimation par MCO peut donner des résultats qui font croire faussement qu'une telle relation existe et qu'elle est importante (coefficient de détermination élevé et statistique de Student significative).

C'est le phénomène bien connu de régression fallacieuse (GRA 1974) et (PHI 1986).

En fait, l'existence d'une réelle relation à long terme entre les variables intégrées est soumise à certaines conditions, appelées cointégration entre les variables intégrées. Si les variables sont intégrées (ce que l'on vérifie avec les tests de racine unitaire), il faut vérifier leur éventuelle cointégration pour savoir si elles entretiennent réellement une relation de long terme.

3-1- Définition de la cointégration

Des processus stochastiques X_1, X_2, \dots, X_n intégrés du même ordre « d » sont cointégrés s'il existe une combinaison linéaire de ces processus qui est intégrée d'un ordre inférieur à « d ».

Il faut donc qu'il existe une valeur $b > 0$ des valeurs B_1, B_2, \dots, B_n vérifiant :

$$B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n \text{ est } I(d-b) \text{ où chaque variables } X_1, X_2, \dots, X_n \text{ est } I(d).$$

L'exemple le plus fréquent est celui de « n » variables X_1, X_2, \dots, X_n , toutes intégrées d'ordre « 1 » et cointégrées s'il existe une combinaison linéaire $B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n$ stationnaire, donc une expression $B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n \text{ } I(0)$.

En pareil cas, chaque variable individuelle est non stationnaire avec une tendance stochastique ou déterministe, puisqu'elle est $I(1)$ et donc à tendance à s'éloigner de ses propres caractéristiques initiales avec de larges fluctuations. Toutefois étant cointégrées, ces variables divergent ensemble, elles ont tendance à ne pas trop s'éloigner les unes des autres, puisqu'une fonction de ces variables reste stationnaire. Une force économique les relie à long terme, de manière qu'elles ne s'écartent pas durablement d'une relation d'équilibre.

3-2- Test de cointégration (test de la trace)

Les tests de Johansen permettent de vérifier des hypothèses sur le nombre de vecteurs de cointégration dans un système VAR (p) reliant des variables qui sont toutes intégrées du même ordre.

Pour bien mener le test de la trace, Johansen propose cinq spécifications concernant soit les séries, soit les vecteurs de cointégration.

- A) Absence de tendance linéaire dans les données (les séries sont toutes des processus DS)
 - A-1) Absence d'une tendance linéaire dans les séries et d'une constante dans la relation de long terme (la constante dans la relation de cointégration est non significative)
 - A-2) Absence d'une tendance linéaire dans les séries, mais présence d'une constante dans la relation de long terme.
- B) Présence d'une tendance linéaire dans les données.
 - B-1- Présence d'une tendance dans les données et d'une constante dans la relation de long terme.
 - B-2- Présence d'une tendance dans les données et dans la relation de long terme.
- C) Présence d'une tendance quadratique dans les données (une tendance qui n'est pas linéaire).

Le choix d'une de ces cinq spécifications s'effectue en fonction des données et la forme supposée de la tendance.

Tableau N°34 : Type de processus et choix de la spécification

Type du processus	1	2	3	4	5
- Tous les processus sont des DS sans dérive	*	*			
- Au moins un processus est un DS sans dérive			*		
- Au moins un processus est un TS				*	
- Au moins un processus a une tendance quadratique					*

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

3-3- Le modèle ECM

Si on a deux séries cointégrées, on peut estimer le modèle à correction d'erreur (ECM) suivant :

$$\Delta Y_t = \gamma \Delta X_t + \delta(Y_{t-1} - \beta Y_{t-1} - \alpha) \text{ avec : } \delta < 0$$

Autour de la relation de long terme, le modèle à correction d'erreur permet d'intégrer les fluctuations de court terme.

Le coefficient δ - qui doit être négatif et significatif- rend compte d'une force de rappel vers l'équilibre de long terme.

La dynamique du court terme s'écrit :

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 X_t + \alpha_3 X_{t-1} + v_t$$

La dynamique du long terme s'écrit :

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \varepsilon_t \quad \text{Car à long terme : } Y_t = Y_{t-1} \quad \text{et } X_t = X_{t-1}$$

Donc la dynamique de court terme devient à long terme :

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_t + \alpha_2 X_t + \alpha_3 X_t + v_t$$

$$(1 - \alpha_1)Y_t = (\alpha_2 + \alpha_3)X_t + \alpha_0 + v_t$$

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \varepsilon_t$$

$$\text{Avec : } \beta = \frac{\alpha_2 + \alpha_3}{1 - \alpha_1} ; \quad \alpha = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_1} ; \quad \varepsilon_t = \frac{v_t}{1 - \alpha_1}$$

3-4- Le modèle VECM

Le modèle VECM est un modèle qui permet de modéliser les adaptations (ajustements) entre plusieurs variables conduisant à une situation d'équilibre à long terme.

Il s'agit d'un modèle qui intègre à la fois l'évolution du court terme et de long terme.

Synthèse de la procédure du test de cointégration et d'estimation du VECM.

Etape 1 : Tester la stationnarité des séries pour déterminer s'il y a possibilité de cointégration ou non.

Etape 2 : Déterminer le nombre de retard du modèle VAR (P) avec les critères d'AIC et SC.

Etape 3 : Mettre en place le test de Johansen permettant la détermination du nombre de vecteurs de cointégration et identification de la relation de long terme.

Etape 4 : Estimer et valider le modèle VECM avec les tests usuels.

3-5- Applications sur Eviews

Exercice 1

On a deux séries, l'indice du Cac40 et l'indice Dow John. On va tester si les deux indices se convergent à long terme, ça nous permet de savoir s'il y a un effet de contagion dans les marchés financiers

Etape 1 : Test de racine unitaire pour déterminer l'ordre d'intégration des séries.

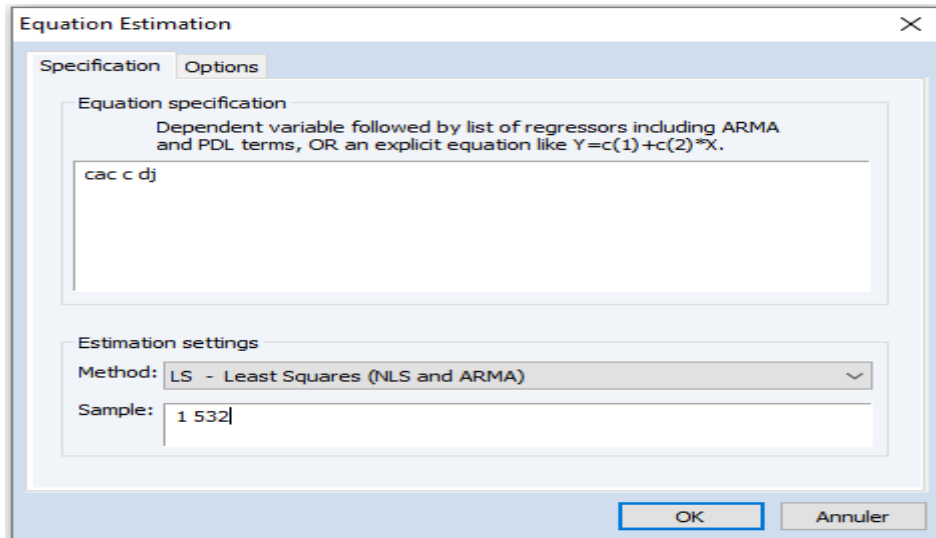
A l'issue du test ADF, les deux séries « Cac » et « Dj » sont non stationnaires d'ordre 1 issus d'un processus TS.

Donc, nous avons : Cac \rightarrow I(1) et Dj \rightarrow I(1), puisque les deux séries sont intégrées du même ordre, cela veut dire qu'il y a possibilité de cointégration.

Etape 2 : Estimation de la relation de long terme

Quick \rightarrow estimate equation \rightarrow saisir : cac c dj \rightarrow OK

Figure N°36 : Procédure d'estimation de la relation de long terme



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Tableau N°35 : Résultats d'estimation de la relation de long terme

Dependent Variable: CAC
Method: Least Squares

Sample (adjusted): 1 531
Included observations: 510 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2440.744	71.33498	-34.21524	0.0000
DJ	0.910116	0.009341	97.43096	0.0000
R-squared	0.949204	Mean dependent var		4492.721
Adjusted R-squared	0.949104	S.D. dependent var		495.7640
S.E. of regression	111.8450	Akaike info criterion		12.27602
Sum squared resid	6354730.	Schwarz criterion		12.29263
Log likelihood	-3128.385	Hannan-Quinn criter.		12.28253
F-statistic	9492.792	Durbin-Watson stat		0.131924
Prob(F-statistic)	0.000000			

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Le modèle estimé est : $\widehat{cac}_t = -2440.74 + 0.91Dj_t$

$H_0: \beta = 0 \Rightarrow \beta$ est non significative

$H_1: \beta \neq 0 \Rightarrow \beta$ est significative

Règle de décision :

Probabilité < risque 5% (0.05) \rightarrow accepter H1

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

Probabilité > risque 5% (0.05) → Accepter H0

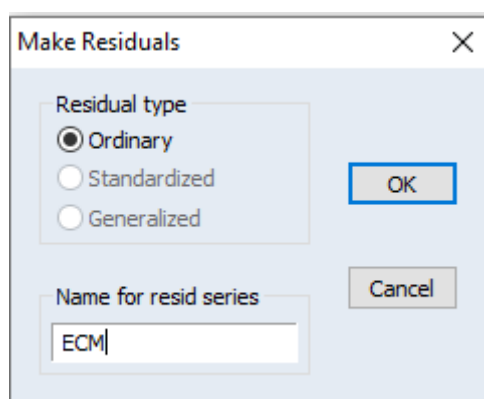
La probabilité du coefficient β est de $0 < 0.05 \rightarrow \beta$ est significatif

Etape 3 : Tester la stationnarité des résidus

On teste la stationnarité de la série des résidus. Si cette série est stationnaire en niveau ce qui veut dire que les perturbations sont un bruit blanc, cela implique l'existence d'une relation de cointégration. En revanche si les résidus ne sont pas stationnaires, ça veut dire qu'il y a absence de relation de cointégration et ce n'est même pas la peine de continuer l'estimation.

- Pour générer la série des résidus : Procs → Make residual series → nommer la nouvelle série (ECM) → OK

Figure N°36 : Génération de la série des résidus



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

- Appliquer le test ADF à la série des résidus ECM

Tableau N°36 : Résultats du test ADF sur la série des résidus

Null Hypothesis: ECM has a unit root
 Exogenous: None
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=18)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.376370	0.0008
Test critical values:		
1% level	-2.569881	
5% level	-1.941497	
10% level	-1.616248	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.
 Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(ECM)
 Method: Least Squares

Sample (adjusted): 3 531
 Included observations: 471 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ECM(-1)	-0.055170	0.016340	-3.376370	0.0008
D(ECM(-1))	-0.226635	0.044625	-5.078644	0.0000

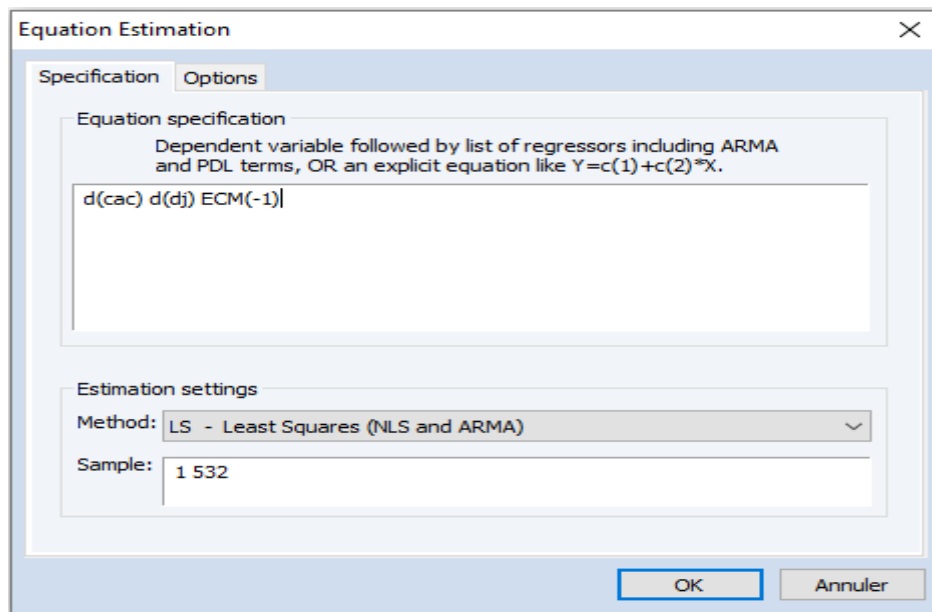
Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

La série des résidus est stationnaire en niveau, ($ADF_c = -3.37 < 5\% = -1.94 \Rightarrow \text{accepter } H_1 \Rightarrow \text{La sér ECM est stationnaire en niveau} \Rightarrow$ Une relation de cointégration existe entre les deux séries.

Etape 4 : Estimation de la relation de court terme

Quick → estimate equation → saisir : d(cac) d(dj) ecm(-1) → OK

Figure N°37 : Procédure d'estimation de la relation de court terme



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Tableau N°37 : Résultats d'estimation de la relation de court terme

Dependent Variable: D(CAC)
Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2 531
Included observations: 490 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(DJ)	0.424023	0.028218	15.02661	0.0000
ECM(-1)	-0.045660	0.012802	-3.566652	0.0004

R-squared	0.313620	Mean dependent var	3.811491
Adjusted R-squared	0.312214	S.D. dependent var	37.99528
S.E. of regression	31.51058	Akaike info criterion	9.742597
Sum squared resid	484543.3	Schwarz criterion	9.759717
Log likelihood	-2384.936	Hannan-Quinn criter.	9.749321
Durbin-Watson stat	2.470927		

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

- Les paramètres sont significatifs (probabilité < 0.05)
- La force de rappel (ECM (-1)) est négative et significative.

Interprétation : Le modèle est valide à long terme et à court terme. Les marchés financiers sont liés, s'il y a une baisse aux USA (Dj) ; il y aura un effet de contagion en France (Cac). La force de rappel qui est égale à (-0.045) représente la vitesse avec laquelle tout déséquilibre entre le Cac 40 et le Dow Johns est résorbé dans l'année suivant tout choc.

Exercice 2 :

Nous avons trois séries, Y1, Y2 et Y3. Nous allons tester si les trois séries se convergent à long terme.

Etape 1 : Test de racine unitaire pour déterminer l'ordre d'intégration des séries.

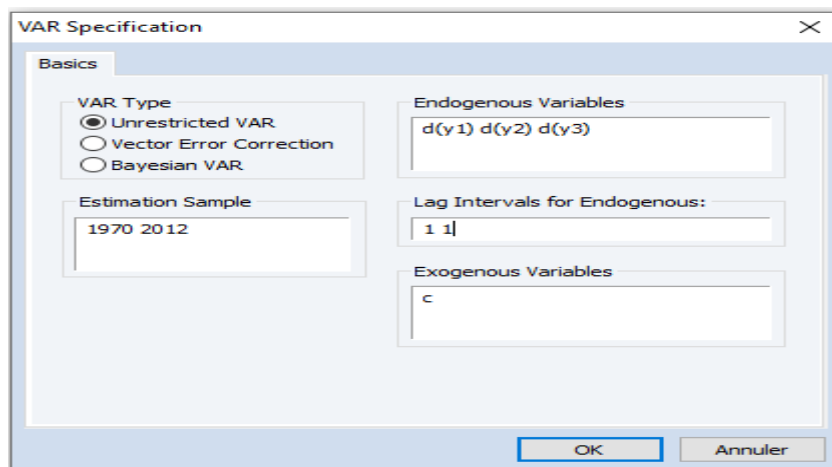
Le test ADF montre que la série Y1 est issue d'un processus DS avec dérive, tandis que les séries Y2 et Y3 sont issues d'un processus DS sans dérive.

Les trois séries sont intégrées d'ordre 1. Cela signifie, qu'il y a une possibilité d'existence d'une relation de cointégration.

Etape 2 : Choix du nombre de retard optimal pour le modèle.

Le nombre de retard se choisit sous un VAR, et le VAR exige des séries stationnaires. Donc on ne saisit pas le nom des séries brutes mais le nom des séries stationnaires : d(Y1) d(Y2) d(Y3).

Figure N°38 : Procédure pour le choix du nombre de retard



Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Le choix du nombre de retard pour le modèle VECM se fait en suivant la même procédure que pour le modèle VAR.

Tableau N° 38 : Choix du nombre de retard pour le modèle VAR(p)

p	1	2	3	4
AIC	1.86	2.24	2.58	2.82
SC	2.37	3.13	3.85	4.50

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

On choisit le retard P qui minimise les critères AIC et SC

Selon AIC, $P = 1$ (puisque la valeur la plus faible entre les quatre est (1.86) et elle correspond à $p = 1$)

Selon SC, $P = 1$ (puisque la valeur la plus faible entre les quatre est (2.37) et elle correspond à $p = 1$)

Donc le nombre de retard optimal est $P = 1$ et notre modèle est VAR(1)

Etape 3 : Test de cointégration (test de la trace).

Le test peut être formulé sous les deux hypothèses suivantes :

- $$\begin{cases} H_0: \text{Absence de cointégration} \\ H_1: \text{existence de cointégration} \end{cases}$$

Règle de décision :

Si $trace_c < trace_t^{5\%} \Rightarrow$ accepter H_1

Si $trace_c > trace_t^{5\%} \Rightarrow$ accepter H_0

Quick → Group statistic → Johansen Cointegration Test → saisir le nom des séries brutes
→ OK

Figure N°39 : Choix de la spécification pour le test de la trace

The screenshot shows the 'Johansen Cointegration Test' dialog box. The 'Cointegration Test Specification' tab is selected. The 'Deterministic trend assumption of test' section has five radio button options: 1) No intercept or trend in CE or test VAR, 2) Intercept (no trend) in CE - no intercept in VAR, 3) Intercept (no trend) in CE and test VAR (selected), 4) Intercept and trend in CE - no intercept in VAR, and 5) Intercept and trend in CE - intercept in VAR. The 'Lag intervals' section has a text box containing '1 1'. The 'Critical Values' section has two radio button options: 'MHM' (selected) and 'Osterwald-Lenum'. The 'Size' for MHM is set to '0.05'. There are 'OK' and 'Annuler' buttons at the bottom right.

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Choisir une des (spécifications du test selon les données et la forme supposée de la tendance).

Dans cet exemple, toutes séries sont des processus DS, donc on va cocher la spécification 3), puis saisir le nombre de retard optimal VAR(1), choisi dans l'étape 2. → OK

ECONOMETRIE DE LA FINANCE

Avec exercices d'application sur logiciel Eviews

Tableau N°39 : Résultats du test de la trace

Sample (adjusted): 1972 2012
 Included observations: 41 after adjustments
 Trend assumption: Linear deterministic trend
 Series: Y1 Y2 Y3
 Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.483953	47.50413	29.79707	0.0002
At most 1 *	0.256977	20.38026	15.49471	0.0085
At most 2 *	0.181311	8.202102	3.841466	0.0042

Trace test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
 * denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
 **MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Interprétation des résultats :

Dans le tableau des résultats ci-dessus, nous avons 3 hypothèses nulles : (None, At most 1 et At most 2)

- $\begin{cases} H_0: \text{None (Absence de cointégration)} \\ H_1: \text{existence de cointégration} \end{cases}$

Trace statistique = 47.50 ; Trace tabulée à 5% = 29.68

Nous avons $trace_c > trace_t^{5\%} \Rightarrow$ **on accepte H1 \Rightarrow il y a cointégration**

- $\begin{cases} H_0: \text{Il y a au plus, une relation de cointégration} \\ H_1: \text{Il y a plus d'une relation de cointégration} \end{cases}$

Trace statistique = 20.38 ; Trace tabulée à 5% = 15.41

Nous avons $trace_c > trace_t^{5\%} \Rightarrow$

on accepte H1 il y a plus d'une relation de cointégration

- $\begin{cases} H_0: \text{Il y a au plus, deux relations de cointégration} \\ H_1: \text{Il y a plus de deux relations de cointégration} \end{cases}$

Trace statistique = 8.20 ; Trace tabulée à 5% = 3.76

Nous avons $trace_c > trace_t^{5\%} \Rightarrow$ **on accepte H1 \Rightarrow**

il y a plus de deux relations de cointégration

Conclusion du Test : Il y a 3 relations de cointégration au seuil de 5%.

Etape 4 : Estimation du modèle VECM

Puisque l'hypothèse d'existence de cointégration est vérifiée donc on peut estimer un modèle VECM.

Quick → Estimate VAR → saisir le nom des séries brutes, cocher VECM, saisir le nombre de retard optimal choisi dans l'étape 2 → OK

Tableau N°40 : Résultats d'estimation de modèle VECM

Vector Error Correction Estimates
 Sample (adjusted): 1972 2012
 Included observations: 41 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegrating Eq:	CointEq1	Error Correction:		
		D(Y1)	D(Y2)	D(Y3)
Y1(-1)	1.000000			
Y2(-1)	0.198709 (0.10849) [1.83166]			
Y3(-1)	-0.074830 (0.01205) [-6.20907]			
C	-2.338667			
CointEq1		-0.117692 (0.02848) [-4.13180]	0.273228 (0.11063) [2.46982]	2.232905 (1.32093) [1.69040]
D(Y1(-1))		0.073237 (0.14928) [0.49062]	0.839403 (0.57975) [1.44787]	7.238327 (6.92248) [1.04563]
D(Y2(-1))		0.100716 (0.04324) [2.32937]	-0.031972 (0.16792) [-0.19040]	0.344689 (2.00507) [0.17191]
D(Y3(-1))		-0.003893 (0.00354) [-1.09866]	0.006943 (0.01376) [0.50449]	0.324678 (0.16433) [1.97580]
C		0.032378 (0.00903) [3.58736]	-0.071892 (0.03505) [-2.05097]	-0.064007 (0.41855) [-0.15293]

Source : Réalisé par l'auteur avec le logiciel Eviews 9

Remarque : Les signes des coefficients dans la dynamique de long terme sont inversés.

L'équation de long terme est la suivante :

$$\hat{Y}_{1t} = -0.19 Y_{2t} + 0.07 Y_{3t} + 2.33$$

L'équation de court terme est la suivante :

$$\hat{Y}_{1t} = 0.07 Y_{2t} + 0.1 Y_{3t} + 0.03$$

Signification des paramètres et validation du modèle :

Dans la relation de long terme, il n'y a que la variable **Y3** qui est explicative, puisque la probabilité du coefficient = 6.20 > 0.05

Dans la relation de court terme c'est la variable **Y2** qui est explicative puisque la probabilité de son coefficient est de 2.32 > 0.05

La force de rappel est négative et significative (probabilité = 4.13 > 0.05) donc le modèle VECM est validé.

La force de rappel est égale à (-0.117692). Elle représente la vitesse avec laquelle tout déséquilibre entre les trois variables est résorbé dans l'année suivant tout choc. Autrement dit, lorsque l'équilibre de long terme est affecté par un choc, il faudrait 8 ans et 5 mois ($1/0.117692$) pour revenir à la situation d'équilibre.

Les modèles à correction d'erreur ont l'avantage, d'une part, d'utiliser les séries brutes permettant ainsi de garder toute l'information, et d'autre part de donner une bonne estimation avec des équations de long terme et de court terme.

Conclusion

Le cours « Econométrie de la finance » s'adresse aux étudiants de Master 2, spécialité Economie Monétaire et Bancaire. Ce cours, divisé, en trois unités d'apprentissage s'intéresse aux séries temporelles, notamment aux modèles multivariés. Chaque unité est illustrée d'applications empiriques à la macroéconomie et à la finance. Les exercices et les exemples d'application sont réalisés avec le logiciel Eviews 9. Dans le but de faciliter la compréhension des procédures d'application et l'interprétation pour les étudiants, les résultats sont exposés tels qu'ils apparaissent sous Eviews 9.

Le premier chapitre, avait pour objet l'analyse des séries temporelles. Nous avons abordé les concepts de base des séries temporelles, à travers leurs décompositions, l'étude de leurs caractéristiques et le calcul de leurs prévisions.

Dans le deuxième chapitre intitulé « les modèles autorégressifs », nous avons présenté la formulation générale de ces modèles, l'estimation des paramètres, le calcul des prévisions, et l'analyse des impulsions tout en se focalisant sur la notion de causalité.

Le dernier chapitre est consacré à l'étude des modèles à correction d'erreur. Nous avons présenté la notion de cointégration, les conditions d'estimation de ce type de modèle et nous avons apporté un intérêt aux deux modèles ECM et VECM.

L'analyse des séries temporelles est un champ d'étude très large. Ce cours étant semestriel, ne nous permet pas de toucher à tous les aspects de cette branche. En effet, les modèles AR, MA, ARIMA, ARCH et ARDL n'ont pas été traités dans ce cours. Ainsi, les étudiants sont invités à approfondir certains aspects de ce cours, notamment l'analyse des séries temporelles et les modèles multivariés, par des lectures complémentaires.

Bibliographie

- 1) BOURBONNAIS R et TERRAZA M (2004), « Analyse des séries temporelles, Application à l'économie et à la gestion », Ed. DUNOD, Paris,
- 2) BOURBONNAIS R, (2009), « Econométrie, Manuel et exercices corrigés », 7^{ème} Edition, DUNOD, Paris
- 3) BRESSON G. et A. PIROTTE, (1995), Econométrie des séries temporelles : théorie et applications, PUF
- 4) DEGERINE Serge, (2007) cour de séries chronologique. Université Joseph Fourier
- 5) HAMISULTANE Hélène, Econométrie des séries temporelles, Consulté le 10/05/2020 sur <http://halshs.archives-ouvertes.fr/cel-01261174/>
- 6) GOUREROUX, C. ET MONFORT, A. (1983), cour de séries temporelles, Economica, Paris
- 7) KHEDHIRI Sami, (2007), « Cours d'économétrie, méthode et applications », LAVOISIER
- 8) MONBET. V, (2017), « Modélisation des séries temporelles Master Statistique et Économétrie Notes de cours », Consulté le 15/05/2020 sur https://perso.univ-rennes1.fr/valerie.monbet/ST_M1/CoursST2017_1.pdf
- 9) LARDIC Sandrine et MIGNON Valérie, (2002), « Econométrie des séries temporelles Macroéconomiques et financières ». Edition ECONOMICA.
- 10) MIGNON Valérie, (2008), « Econométrie. Théorie et Applications», Corpus Economie. Edition ECONOMICA.
- 11) NICOLEAU Florence, « séries chronologiques », Polycopié de cours, IUT de NICE CÔTE D'AZUR, Département STID, 2005/2006
- 12) PERRAUDIN Corinne, « *SERIES CHRONOLOGIQUES* », Université Paris I, Cours de Magistère d'Économie – Deuxième année, 2004-2005

Tables des matières

Introduction	01
Chapitre 1 : Analyse des séries temporelles	06
1-1- Définition d'une série temporelle (chronologique)	06
1-2- Les composantes d'une série temporelle	06
1-2-1. La tendance (trend) T_t	06
1-2-2. La saisonnalité S_t	06
1-2-3- La composante résiduelle (résidus, erreur) e_t	06
1-2-4- La composante cyclique C_t	06
1-3- Modèle de décomposition d'une série chronologique.....	06
1-3-1- Modèle additif.....	06
1-3-2- Modèle multiplicatif	07
1-4- Choix du modèle.....	09
1-4-1- Méthode de la bande.....	09
1-4-2- Méthode du profil	09
1-4-3- Méthode du tableau de Buys Ballot.....	09
1-5- La stationnarité	09
1-6- Test de détection de tendance et de saisonnalité	10
1-6-1- L'analyse de la variance pour tester la stationnarité	11
1-11-1-1- Test de la tendance	11
1-11-1-2- Test de saisonnalité	11
1-12- Dessaisonnalisation des séries chronologiques	13
1-13- La prévision	14
1-14- Fonction d'autocorrélation	14
1-14-1-Test de Durbin-Watson	14
1-15- Test de stationnarité : Dickey Fuller et Dickey Fuller augmenté (DF et ADF)	15
1-15-1- Caractéristiques d'un processus TS	15
1-15-2- Caractéristiques d'un processus DS	15
1-15-3- Test de racine unitaire (DF)	16
1-15-4-Test de Dickey Fuller augmente (ADF)	17
1-16- Application sur Eviews	27

Chapitre 2 : Le Processus VAR (Vecteur autorégressif)	50
2-1- Exemple introductif	50
2-2- Formulation générale	50
2-3- Estimation des paramètres	51
2-4- La causalité au sens de Granger	51
2-5- Analyse des impulsions	51
2-5-1- La fonction de réponse impulsionnelle.....	51
2-5-2- La décomposition de la variance	52
2-6- Applications sur Eviews	52
Chapitre 3 : Les modèles à correction d'erreur	59
3-1- Définition de la cointégration	59
3-2- Test de cointégration (test de la trace).....	59
3-3- Le modèle ECM	60
3-4- Le modèle VECM.....	61
3-5- Applications sur Eviews	61
Conclusion	71
Bibliographie	72